Entrenamiento para ambientes extremos 2



MINISTERIO DE DEFENSA

Entrenamiento para ambientes extremos 2

CATÁLOGO GENERAL DE PUBLICACIONES OFICIALES
http://publicacionesoficiales.boe.es/

Edita:





http://publicaciones.defensa.gob.es/

© Autores y editor, 2015

NIPO: 083-15-057-2 (impresión bajo demanda)

Fecha de edición: junio 2015
Imprime: Imprenta Ministerio de Defensa



NIPO: 083-15-058-8 (edición libro-e)
ISBN: 978-84-9091-046-7 (edición libro-e)

Las opiniones emitidas en esta publicación son exclusiva responsabilidad de los autores de la misma.
Los derechos de explotación de esta obra están amparados por la Ley de Propiedad Intelectual. Ninguna de las partes de la misma puede ser reproducida, almacenada ni transmitida en ninguna forma ni por medio alguno, electrónico, mecánico o de grabación, incluido fotocopias, o por cualquier otra forma, sin permiso previo, expreso y por escrito de los titulares del © Copyright.

ÍNDICE

LIBRO DE ACTAS DEL II SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE ENTRENAMIENTO PARA AMBIENTES EXTREMOS



Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deporte

PRESENTACIÓN

Existen diversas profesiones caracterizadas por desarrollarse en condiciones medioambientales singulares, que definen la capacidad de acción en situaciones de fatiga, calor, humedad o privación del sueño, y que requieren de una preparación psicofísica adecuada: militares, policías, bomberos, personal dedicado a tareas de rescate, personal de seguridad…

Estas personas, que bien podrían considerarse DEPORTISTAS DE ACCIÓN, requieren un entrenamiento físico y mental especial que les permite acometer su tarea con seguridad y eficacia.

De un modo semejante a la preparación que requiere un deportista de alta competición, estos profesionales que arriesgan su vida en beneficio de la sociedad han de dedicar muchas horas y mucha ilusión al acondicionamiento físico general, fuerza, habilidad, agilidad, resistencia, nutrición y descanso reparador. Además, el estar sometidos a un medio ambiente adverso acentúa más la necesidad de un entrenamiento especial.

La Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad Europea de Madrid, en colaboración con el Ministerio de Defensa, proponen un foro de reflexión de carácter multiprofesional, que desde el conocimiento científico contribuya a desarrollar el entrenamiento para el ejercicio en ambientes extremos.

En esta línea, abierta en 2012, hemos seguido trabajando, animados por las numerosas muestras de interés y apoyo, y es fruto de esta ilusión la convocatoria de un nuevo simposio.

La Subdirección General de Publicaciones del Ministerio de Defensa de España, en colaboración con la Universidad Europea de Madrid, editan este nuevo Libro de Actas que recoge los documentos expuestos en el II Simposio Internacional sobre Entrenamiento para Ambientes Extremos, organizado por la Facultad de Ciencias de la Educación Física y el Deporte de la Universidad Europea de Madrid y el Ministerio de Defensa, los pasados días 6 y 7 de junio de 2014, en el campus universitario de Villaviciosa de Odón (Madrid). Los documentos que se publican son textos monográficos y comunicaciones en forma de póster y

la responsabilidad de lo que en ellos se expone pertenece a cada uno de los autores.

El Comité Científico concedió el 1.^er^ Premio a la Comunicación en formato de póster titulada «Atención y EEG cuantificado en simulación de actividades del personal de las Fuerzas Armadas», firmada por M.ª Victoria Sebastián Guerrero, M.ª Antonia Navascués Sanagustín, Carlos Ruiz López, Jose M.ª Iso Pérez, Carolina Arcos Sánchez, M.ª Victoria Arana Aritmendiz y Concepción Orna.

Queremos agradecer de todo corazón la ilusión puesta por los autores en la redacción de cada uno de estos capítulos, así como al gran número de personas que directa o indirectamente nos han brindado su ayuda para este proyecto, que esperamos sea la etapa inicial de un largo recorrido.

Luis M. López Mojares
Director del II Simposio Internacional sobre
Entrenamiento para Ambientes Extremos

COMITÉ ORGANIZADOR DEL
II SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE ENTRENAMIENTO PARA AMBIENTES EXTREMOS
Universidad Europea de Madrid – Ministerio de Defensa. 6 y 7 de junio de 2014

Presidente:

D. Alfonso Jiménez Gutiérrez
Decano de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad Europea de Madrid

Representante del Ministerio de Defensa:
Col. D. Jorge Juan Martínez Varela

Director:
D. Luis Miguel López Mojares

Coordinadores:

D. Vicente J. Clemente Suárez
D. Nicolás de la Plata Caballero

Comité Científico:

Presidente: D. Sergio Calvo Fernández
Secretaria general: D.ª Margarita Pérez Ruiz

Vocales:

D. Óscar García López
D.ª Olga Barceló Guido
D. Luis M. López Mojares

BASES FISIOLÓGICAS DEL ESTRÉS

Luis M. López Mojares
Universidad Europea de Madrid. Ministerio de Defensa
<lmiguel.lopez@uem.es>, <lopezmojares@oc.me.es>

A lo largo de la evolución, los seres vivos se han ido adaptando a situaciones de estrés, ya que la selección natural favorece la eficiencia en el mantenimiento del equilibrio fisiológico, incluso en las situaciones más desfavorables. Las estrategias adaptativas permiten que los seres vivos dispongan de mecanismos y comportamientos a corto y largo plazo para modular la exposición a los agentes amenazantes.

El estrés es una reacción fisiológica de defensa del organismo, dirigida a afrontar una situación que se percibe como amenazante o de demanda incrementada, con objeto de optimizar la eficacia física y psíquica.

Este mecanismo resulta necesario para poder actuar de manera adecuada ante cualquier amenaza externa que puede poner en riesgo nuestra integridad o que requiere optimizar nuestra respuesta. Un intento de agresión o los instantes anteriores al comienzo de una misión de alta responsabilidad son buenos ejemplos de esto.

La respuesta fisiológica al estrés se inicia rápidamente, con objeto de la máxima movilización de recursos que permitan restaurar la homeostasis (Munk, 1984). El principal elemento encefálico de la respuesta al estrés es el hipotálamo, conocido también como el órgano del bienestar.

En los primeros segundos de la aparición de un agente estresante, que podría ser por ejemplo, una agresión inesperada, se produce una activación del sistema nervioso autónomo simpático (SNAS). Esta activación (figura 1) desencadena cambios biológicos en todo el organismo, mediados por la liberación de noradrenalina desde las neuronas posganglionares de este a la sangre, aumentando la frecuencia cardíaca y la presión arterial, entre otros efectos. Al mismo tiempo, la médula suprarrenal, parte integrante del SNAS, libera además adrenalina a la sangre, que favorece la glucogenolisis (rotura de glucógeno hepático, con objeto de liberar glucosa). Recordemos que la disponibilidad de glucosa es indispensable para ser utilizada por glucólisis anaeróbica durante las fases de ejercicio físico de alta intensidad, complementando así el aporte energético, mayoritariamente derivado del metabolismo aeróbico.

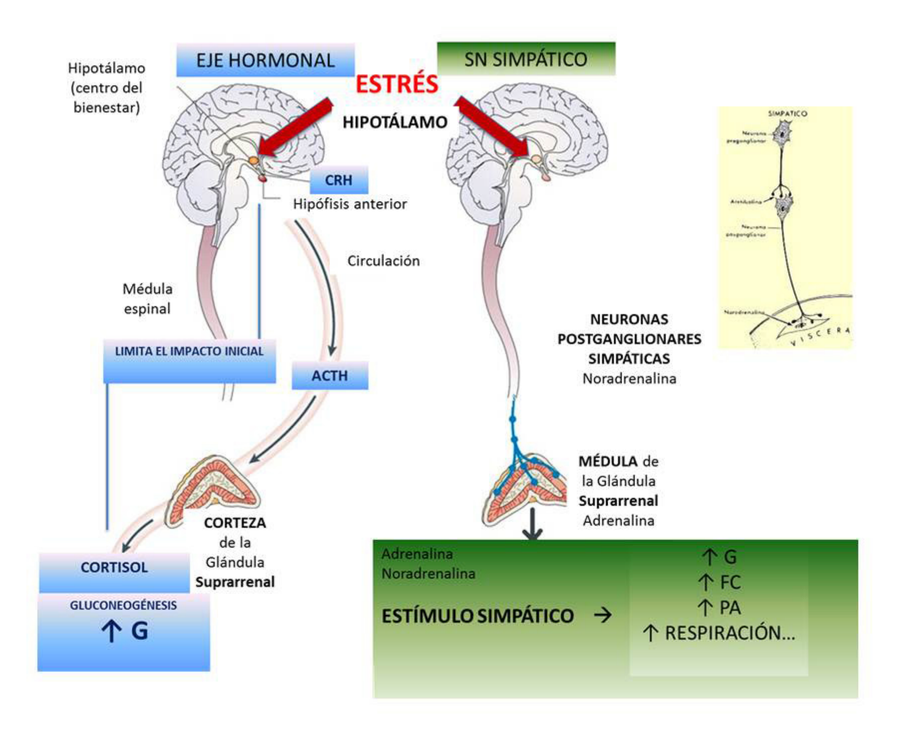


Figura 1: Mecanismo Fisiológico de reacción frente al estrés

Por otro lado, y un poco más retrasado en el tiempo, se pone también en marcha el eje hipotálamo-hipofisario-suprarrenal (*hypothalamo-pituitary-adrenocortical*: HPA), haciendo que la corteza suprarrenal libere glucocorticoides (cortisol) a la sangre, que permiten una mejor distribución de fuentes energéticas: favorece la neoglucogénesis hepática (formación de glucosa en el hígado a partir de aminoácidos) y permite ahorrar glucosa, favoreciendo el empleo de ácidos grasos como fuente energética dominante, lo que aumenta la disponibilidad de glucosa para el músculo activo. Al mismo tiempo el cortisol sirve para minimizar la duración y el impacto de la respuesta al estrés, actuando principalmente sobre el hipocampo, que dispone de receptores específicos para esta hormona. El hipocampo, que se denomina así por su morfología que podría recordar al caballito de mar, actúa como una especie de interruptor que controla hasta qué punto se activa el sistema productor de cortisol.

Ambos mecanismos permiten una alta eficacia a corto plazo, pero pueden resultar perjudiciales a medio y largo plazo, si el agente estresante se prolonga en el tiempo o su intensidad es desproporcionadamente alta, como se muestra en la figura 2.

La respuesta cognitiva también está sujeta a estos mecanismos centralizados en el hipotálamo. Se encuentra condicionada por una predisposición innata y por influencias de experiencias previas ante situaciones semejantes. Tanto las respuestas cognitivas como las fisiológicas generales (frecuencia cardíaca,

presión arterial, ventilación respiratoria…) reciben influencias genéticas y ambientales, especialmente de las primeras etapas de la vida, que explican la enorme variabilidad interindividual de la respuesta, así como la predisposición a sufrir reacciones patológicas como el trastorno por estrés postraumático (*Posttraumatic Stress Disorder*: PTSD).



Figura 2: Modificación del rendimiento físico-psicológico en función del nivel de estrés y de la duración de éste.

En la mayor parte de los casos, la movilización de recursos energéticos, es decir, el aumento de la disponibilidad de glucosa que permite complementar las fuentes energéticas del músculo durante la actividad física de alta intensidad, que aparece en cualquier situación amenazante, suele revertir al cesar el factor estresante. El mecanismo que lo produce es la respuesta de retroalimentación (*feedback*) negativa que ejercen los glucocorticoides.

En algunas ocasiones, particularmente cuando el agente estresante es de gran intensidad, como por ejemplo una acción de combate especialmente violenta, puede sucederse de una respuesta patológica, ligada específicamente a la experiencia sufrida, y que no revierte espontáneamente: se trata del PTSD. El PTSD se caracteriza por la aparición de síntomas de reexperiencia, como pesadillas o *flashbacks*; síntomas de evitación de recuerdos, personas o lugares; y síntomas de hiperalerta, como insomnio o irritabilidad (Radley, 2012). Se trata de un trastorno producido por la incapacidad de compensar el impacto producido por el factor estresante.

Por otro lado, la sucesión de experiencias estresantes podría producir un cierto grado de adaptación y por tanto de mejor tolerancia a estas situaciones. Parece que existen mecanismos de adaptación neurológica, con cambios en la regula-

ción de genes y modificaciones estructurales de las neuronas (Cook, 2004). No obstante, aunque algunos mecanismos de modificación pueden considerarse adaptativos y favorecen fenómenos de habituación en el eje hipotálamo-hipofisario-suprarrenal, existen ocasiones en las que las experiencias estresantes pueden desencadenar efectos de hipersensibilidad, que exagerarían las respuestas ulteriores (McEwen, 2001).

Como hemos citado, la respuesta fisiológica al estrés tiene 2 componentes principales, que actúan de manera sincrónica, pero que analizándolos por separado podrían entenderse con mayor claridad:

– Componente hormonal: eje HPA.
– Componente nervioso: SNAS.

Componente hormonal: cuando el hipotálamo recibe una señal de estrés, se desencadena una liberación, por parte de este, de hormona liberadora de la corticotropina (*Corticotropin Releasing Hormone*: CRH). Esta hormona es canalizada por el sistema de capilares y venas portales hipotálamo-hipofisarias a las células sensibles de la hipófisis anterior, o adenohipófisis, donde las células corticotropas, sensibles a la CRH, liberan a su vez a la sangre la hormona corticotropina (*Adrenocorticotropic Hormone*: ACTH). En este fenómeno parece que también influye la hormona antidiurética (*Antidiuretic Hormone*: ADH), también denominada vasopresina. La ADH es una hormona de producción hipotalámica, pero de almacenamiento y secreción a la sangre a nivel neurohipofisario, que actuaría como agonista de la CRH. La ACTH circula por la sangre y tiene sus células diana en la corteza suprarrenal, que responden a su vez liberando cortisol (hidrocortisona) a la sangre. El cortisol favorece la transformación de aminoácidos en glucosa, en el hígado (neoglucogénesis) y el empleo de los ácidos grasos como fuente energética, lo que permite ahorrar glucosa, necesaria para la actividad muscular de alta intensidad, propia de las situaciones de alarma. Además, ejerce un papel de recuperación de la homeostasis mediante una acción de retroalimentación sobre el hipotálamo, tratando de limitar la situación de estrés: aumenta el apetito; favorece el descanso; favorece el depósito de grasa; inhibe la inmunidad y mecanismos inflamatorios; inhibe la actividad sexual; e incluso puede limitar la memoria (Johnstone, 2012). Por esta razón, cuando el fenómeno estresante es demasiado intenso o duradero, la recuperación se retrasa o no se consigue del todo, apareciendo el fenómeno de sobrecarga, cuyo exponente extremo, considerado ya como patológico, es el PTSD.

Componente nervioso: el mismo fenómeno que ha actuado sobre el hipotálamo desencadena un efecto eferente en las motoneuronas del SNSA, que salen de la médula espinal a lo largo de todo el recorrido de esta. Estas motoneuronas, que actúan en parejas conectadas en serie (motoneuronas pre y posgan-

glionares), inducen diversos efectos en el organismo, como el aumento de la frecuencia cardíaca; aumento de la contractilidad del miocardio; aumentos de la presión arterial sistólica; midriasis, con objeto de favorecer la visión a distancias medias y largas; broncodilatación, que aumenta la ventilación respiratoria, etc. Al mismo tiempo se inhiben mecanismos no vitales a corto plazo, como son las tareas digestivas, sexuales o los mecanismos defensivos inmunológicos. La sustancia que produce estos efectos es, principalmente, la noradrenalina, liberada por las motoneuronas posganglionares, que actúa sobre las células diana del órgano correspondiente, como por ejemplo los miocitos del corazón. Además, el estímulo simpático de algunas motoneuronas preganglionares excita la médula suprarrenal, que hace que sus células liberen a la sangre adrenalina, que estimula el aumento de glucosa en sangre, tan necesario para la actividad muscular de alta intensidad. Este fenómeno incrementa la capacidad cognoscitiva de la corteza cerebral y el nivel de concentración y alerta. Se ha comprobado, principalmente en animales, que el hipocampo limitaría también la respuesta aguda al estrés (Radley, 2011).

El sistema límbico (hipocampo, amígdala…) (figura 3) y la corteza prefrontal juegan un importante papel en el fenómeno de recuperación posestrés. Se les ha atribuido también una cierta capacidad de filtro previo a la respuesta hipotalámica.

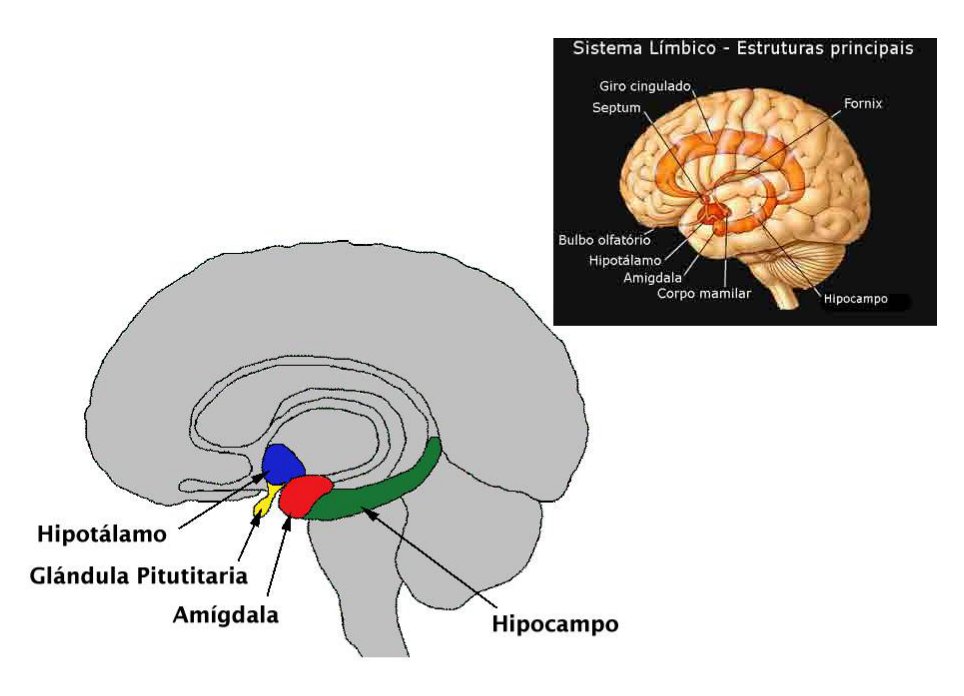


Figura 3: Elementos del Sistema Nervioso Central implicados en la Fisiopatología del Estrés.

Estos mecanismos que maximizan los recursos ante situaciones de alarma pueden resultar perjudiciales cuando la situación de estrés se cronifica y el individuo no es capaz de adaptarse a ello. El incremento crónico de cortisol e

insulina puede favorecer el depósito de grasa, incrementar el estrés oxidativo y la liberación de citoquinas. Estos fenómenos pueden contribuir al acortamiento de los telómeros, que limitan la vida eficaz de las células (Epel, 2009).

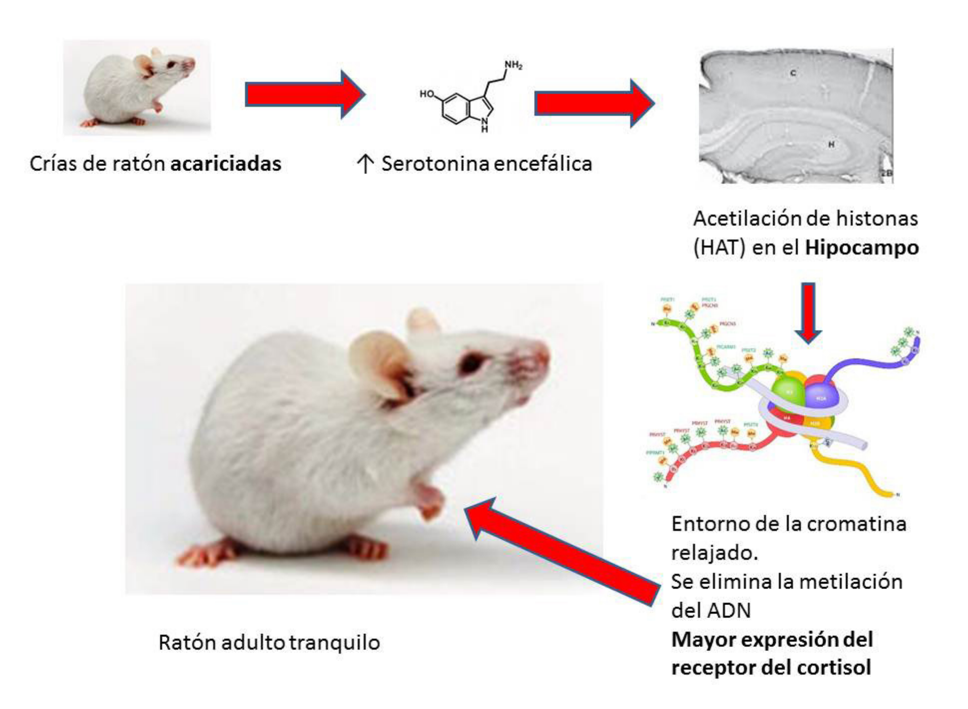


Figura 4: Mecanismos epigenéticos implicados en la modificación del comportamiento ante el estrés en modelos murinos.

Se ha comprobado que muchos adultos con infancias traumáticas tienen una mayor propensión al estrés crónico, y a una producción exagerada de cortisol, incluso cuando los individuos estaban sanos en el momento de efectuar los experimentos (Lee, 2005; Carpenter, 2004). Por la evidente limitación en la experimentación en humanos, la mayor parte de estos estudios se han iniciado en modelos animales. Las ratas recién nacidas suelen ser lamidas y acariciadas por su madre, especialmente durante los 10 primeros días de vida. Se ha observado que cuando se les retira la atención materna 3 horas diarias se desarrollan respuestas más exageradas al estrés. Las ratas más tranquilas tenían unos niveles inferiores de CRH en el hipotálamo y de ACTH en sangre. El cortisol también estaba reducido con respecto a los animales menos cuidados. El principal elemento molecular a la hora de reducir la respuesta al estrés en las ratas tranquilas era la expresión del receptor del cortisol en el hipocampo: el receptor se expresaba mucho y las células del hipocampo eran muy eficientes a la hora de captar incluso niveles muy bajos de cortisol y utilizarlos como desencadenantes para atenuar la actividad hormonal, mediante retroalimentación (*feedback*) negativa. Esto sugería que los niveles del receptor de cortisol en el hipocampo seguían altos mucho tiempo después de que las crías hubiesen

sido acariciadas por sus madres (primeros 10 días de su vida). Cuando una rata disfruta de atenciones y caricias en los primeros días de su vida libera serotonina, señal de placer en los mamíferos. Esto estimula la expresión de los enzimas epigenéticos en el hipocampo, lo que en última instancia resulta una menor metilación del ADN del gen receptor del cortisol, que se asocia a alto nivel de expresión del gen, por lo que el receptor del cortisol se expresa a altos niveles en el hipocampo y hace que las ratas se mantengan tranquilas (Weaver, 2004). Cuando se estudiaban ratones adultos estresados (apartados de sus madres 3 horas diarias en los primeros días de vida) se observaron menores tasas de metilación del ADN en el gen de la ADH, con un aumento de la producción de esta, que estimulaba la reacción de estrés (Murgatroyd, 2009). Parece, por tanto, que podrían estar implicados los genes del cortisol y de la ADH. En la figura 4 se recoge el resumen de lo que podría ser la sucesión de los fenómenos descritos.

En estudios sobre humanos que habían acabado suicidándose, se analizaron los niveles de metilación del ADN en el gen receptor del cortisol en el hipocampo, comprobando que eran superiores a los de las muestras de personas adultas con historia de malos tratos infantiles, pero no cuando no habían sufrido infancias traumáticas (McGowan, 2009).

Con objeto de estudiar la variabilidad de los humanos en la respuesta al estrés, algunos investigadores se centraron en la actividad del núcleo accumbens de la base del encéfalo. Este conjunto de neuronas desempeña una importante función emocional: agresión, miedo, placer o recompensa. Se observó que el estrés provocaba un aumento en la expresión del gen *Gdnf* (factor neurotrópico derivado de la línea celular glial: *glial cell-derived neurotropic factor:* Gdnf) en los ratones tranquilos. Las histonas de los ratones nerviosos tenían menos grupos acetilo: unos niveles bajos de acetilación de las histonas están asociados con unos niveles bajos de expresión del gen (Uchida, 2011).

Otro fenómeno de interés en la fisiología del estrés es el generado por situaciones de derrota social, donde el sujeto puede sentirse humillado. Los modelos animales para estudiarlo consisten en someter a los ratones a un entorno en el que se encuentran con un ratón mayor, más agresivo y del que no pueden escapar, si bien se retira antes de que pueda sufrir daño real. La respuesta a la situación es variable. Los ratones que toleraban mejor esta situación, a las 2 semanas tenían unos niveles de CRH normales. Los ratones más susceptibles tenían niveles elevados de CRH y niveles bajos de metilación del ADN en el promotor de este gen, que indica una sobreexpresión de la CRH (Elliot, 2010).

Con objeto de evaluar objetivamente la respuesta al estrés, se han diseñado diversos biomarcadores. Seguramente los más utilizados son los basados en determinaciones plasmáticas de glucocorticoides, que experimentan eleva-

ciones significativas a los 3 a 5 minutos de la aparición del agente estresante. Además, dependiendo del caso, se emplean determinaciones en saliva, queratina, heces, orina… (Narayan, 2010). Otro parámetro de resultados irregulares es la descripción de incrementos del cociente neutrófilos vs. linfocitos, que se suele observar a partir de los 30 minutos. Parece que se produciría un aumento de liberación de neutrófilos a la sangre y una fuga de linfocitos a la piel, bazo y tejido linfático (Dehnhard, 2011). También se han empleado biomarcadores de función inmune o la aparición de anemias regenerativas, descritas estas últimas a partir de las 8 horas del suceso (Johnstone. 2012).

Robert Sapolsky, en su libro *¿Por qué las cebras no tienen úlcera?* (2008), defiende el ejemplo de la adaptabilidad de estos animales a situaciones estresantes.

Como se ilustra en la figura 2, el efecto beneficioso de la respuesta aguda al estrés permite pasar de un estado de inactividad y tranquilidad a uno de eficacia óptima, que se traduce en fatiga si se supera este dintel, y que evoluciona hacia la extenuación, reacción de estrés agudo o PTSD. Naturalmente, cuanto mayor haya sido la sobrecarga, más prolongado será el periodo de recuperación.

Durante los últimos años, se ha ido prestando un interés creciente a la capacidad de resistencia ante el estrés (*resilience*). Se trata de la capacidad de un individuo para evitar las consecuencias negativas sociales, biológicas y psicológicas derivadas del estrés de alta intensidad, que podrían comprometer el bienestar físico o psicológico. Esta capacidad no es solo la falta de respuesta patológica ante un agente estresante, sino que es una cualidad que puede desarrollarse y entrenarse de forma activa, mediante un proceso de adaptación progresiva (Charney, 2004; Feder, 2009).

La experimentación animal de los últimos años ha mostrado que esta capacidad está mediada no solo por la ausencia de alteraciones moleculares propias de los animales susceptibles de sufrir estos trastornos, sino también por la presencia de moléculas procedentes de fenómenos adaptativos. Es decir, disponemos de mecanismos pasivos y activos para hacer frente con éxito a las situaciones estresantes.

Uno de los principales mediadores del impacto del estrés sobre el encéfalo y el comportamiento frente al mismo es el eje HPA, que desencadena, como hemos descrito, una amplia respuesta neuroendocrina. Los glucocorticoides liberados por la corteza suprarrenal, como consecuencia de su activación hipotalámica, actúan sobre receptores esteroideos situados en diversos tejidos encefálicos, que actúan como factores de transcripción para la regulación de la función celular. Los receptores de glucocorticoides se encuentran principalmente en el hipocampo, amígdala y corteza prefrontal, junto con algunas otras estructuras del sistema límbico y mesencéfalo, modulando los circuitos neuronales y siste-

mas neuroendocrinos implicados en la respuesta frente al estrés. El efecto del estrés sobre el eje HPA depende de la cronología del desarrollo del fenómeno, la magnitud, tipo y duración del fenómeno estresante.

La mayor parte de los estudios sobre humanos referidos a la tolerancia al estrés han tenido lugar en líneas de investigación dirigidas a estudiar la depresión y el PTSD. En algunos casos se han demostrado tasas elevadas de glucocorticoides en plasma en las dos terceras partes de los sujetos con depresión, aunque un pequeño grupo de ellos mostraban cifras llamativamente reducidas, con sintomatología significativamente más leve (Stetler, 2011). Sin embargo, las cifras bajas en cortisol son muy características en pacientes con PTSD, aunque no siempre los resultados son tan claros, ya que a menudo aparecen casos intermedios (Meewisse, 2007).

La dehidroepiandrosterona (DHEA) es un precursor de la síntesis de esteroides anabolizantes y se libera junto con el cortisol de la corteza suprarrenal en respuesta al estrés. Es capaz de actuar simultáneamente sobre diversos receptores. Se le atribuye un cierto efecto antiinflamatorio y antioxidante. El aumento del cociente DHEA vs. cortisol se asocia con menores síntomas disociativos y un mayor rendimiento en sujetos sometidos a entrenamiento militar de supervivencia (Rasmusson, 2003). Parece como si la liberación de altas cantidades de DHEA durante la reacción de estrés ofreciese ventajas de tolerancia, minimizando la aparición de PTSD. Otros autores han observado que aunque las cifras de DHEA están elevadas en pacientes con PTSD, el mayor aumento de estas cifras se corresponde con mejora de los síntomas y mejor respuesta. Un menor cociente DHEA vs. cortisol parece que favorece una mayor severidad del PTSD (Yehuda, 2006). A pesar de esto, hay algunos otros autores que relacionan tasas altas de DHEA con mayor riesgo de suicidio en PTSD (Butterfield, 2005). Por otro lado, los intentos de la administración de DHEA en personal militar con objeto de mejorar el rendimiento durante el entrenamiento de supervivencia no han aportado resultados convincentes (Taylor, 2012).

El neuropéptido Y (NPY) podría jugar un papel modulador de la respuesta al estrés en humanos (Morgan, 2000, 2002). Por ejemplo, en un estudio con soldados de unidades especiales (Morgan, 2000) se observó que los niveles más elevados de NPY aparecían en los individuos con una mayor capacidad de soportar bien las situaciones de estrés durante el entrenamiento militar de supervivencia. Posteriormente, en un estudio longitudinal, se observó que los niveles más elevados de NPY en la respuesta ante el estrés se seguían de menores signos de trastornos psicológicos y menores síntomas disociativos.

Como habíamos indicado, existe un importante componente genético en la tolerancia ante situaciones de estrés, o el riesgo de sufrir trastornos como el PTSD.

La figura 5 trata de resumir estas últimas ideas sobre los factores implicados en la resistencia frente a los factores del estrés.

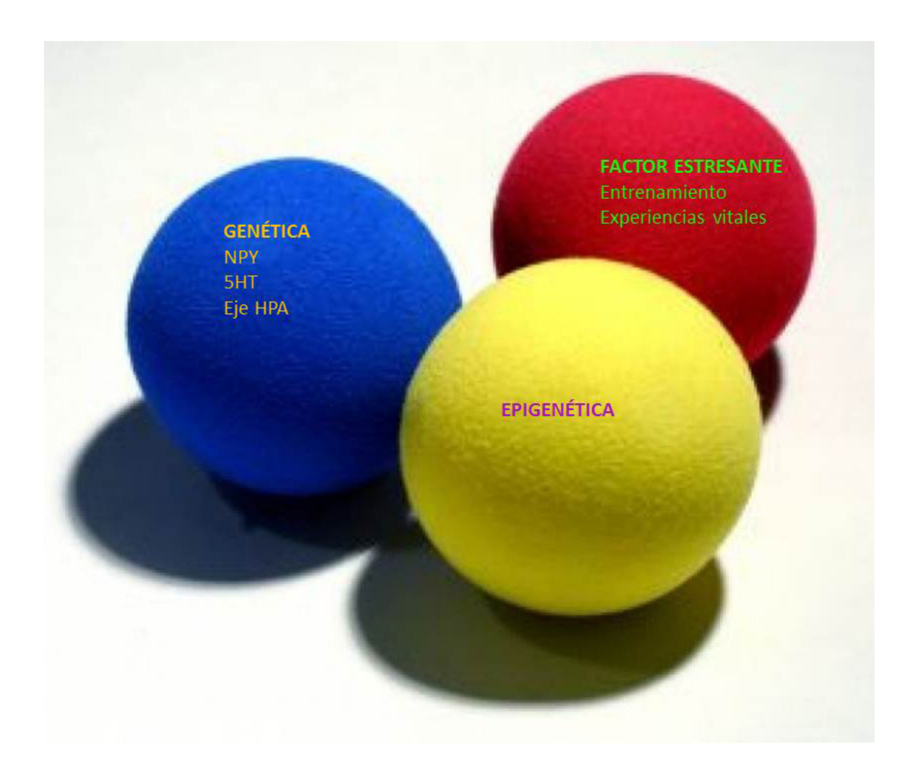


Figura 5: Factores de los que depende la resistencia frente a las situaciones de estrés.

Trastorno agudo de estrés (*Acute Stress Disorder:* ASD)

El trastorno agudo de estrés (ASD) se caracteriza por un conjunto de reacciones, como los fenómenos disociativos, de evitación o de reexperiencia, que pueden acontecer durante el primer mes que sigue a una experiencia traumática. En algunos casos puede abocar hacia un PTSD, que se diagnostica después de al menos cuatro semanas de la experiencia estresante. El abordaje terapéutico está dirigido a minimizar los síntomas y a evitar la aparición del PTSD.

Existe una gran variabilidad con respecto a la estimación de la prevalencia, si bien los principales estudios indican cifras de entre el 5 y el 20%, en función de la intensidad o de la naturaleza de los casos. Por ejemplo, tras la experiencia de un accidente de automóvil, podría aparecer ASD entre un 10 y un 20% de los casos (Harvey, 1998).

Se han descrito ciertos factores que favorecerían la aparición de ASD, como la presencia de trastornos psiquiátricos previos, en particular perfiles neuróticos; experiencias traumáticas previas; severidad de la experiencia, etc.

(Ozer, 2003; Barton, 1996; Harvey, 1999). Parece que las mujeres son más susceptibles que los hombres, en general.

Parece que el pánico podría jugar un importante papel en el desencadenamiento del ASD. Se ha sugerido que una hiperactivación del SNAS en el momento de la experiencia traumática podría inducir una importante liberación de catecolaminas que favoreciese la consolidación del impacto en la memoria (Charney, 1993). Los sujetos que sufren taquicardia o taquipnea los días posteriores tienen más probabilidades de desencadenar PTSD (Bryant, 2008). De tal manera que cualquier medida terapéutica encaminada a reducir los síntomas neurovegetativos podría resultar de utilidad. Además, las personas que ya han sufrido ADS son más susceptibles de sufrir futuros trastornos de este tipo (Smith, 2000).

Suele manifestarse con síntomas de reexperiencia del hecho traumático y ansiedad. Los pacientes suelen rememorar los hechos mediante ensoñaciones semejantes o no al hecho acaecido. Aparecen situaciones de angustia, temor exagerado, lo que les obliga a estar en permanente estado de amenaza. Suelen evitar deliberadamente ciertos lugares u objetos que puedan traerles a la memoria la escena original. Es frecuente que los pacientes sean reticentes a encontrarse con personas desconocidas, especialmente si estas tienen algún tipo de afinidad con los hechos. A menudo los pacientes buscan amenazas en su alrededor y vías de escape de un supuesto ataque. Suelen evitar comentar estas sensaciones con sus familiares y terapeutas, lo que suele agravar la situación. En los casos más graves aparece el entumecimiento emocional, que asemeja un cuadro de *shock*, con fenómenos de amnesia de las escenas principales del episodio. La amnesia completa es poco frecuente. Generalmente los síntomas suelen ir cediendo a lo largo de los días, a medida que los pacientes van asimilándolo (Galea, 2007).

Algunos autores consideran que el ASD podría indicar mayor riesgo para sufrir PTSD, y que por tanto el tratamiento precoz iría dirigido a evitar esa evolución (Bryant, 1998, 2008, 2011; Kangas, 2005; Harvey, 1999). Sin embargo, probablemente más de la mitad de los pacientes con ASD acaban desarrollando PTSD. Por otro lado, de los pacientes que sufren PTSD, entre el 30 y el 60% de ellos no se detectaron, previamente, síntomas de ASD. Naturalmente, estos datos nos indican la dificultad del diagnóstico precoz de la enfermedad.

Siguiendo los actuales criterios diagnósticos (APA: DSM-5 2013), se considera que un paciente sufre ASD cuando:

A. Exposición a una amenaza real de muerte o lesión grave personalmente o siendo testigo directo, o bien cuando le ha ocurrido a un familiar próximo un accidente o acontecimiento violento, o sujetos sometidos reiteradamente

a los efectos de situaciones violentas (por ejemplo, policías ante hechos violentos reiterados). Se excluyen los hechos relacionados con situaciones violentas virtuales, como películas, videojuegos, etc., excepto que estén relacionados con la actividad profesional ordinaria.

B. Presencia de 9 o más síntomas de entre los siguientes, de cualquiera de las 5 categorías: intrusión, mal humor, disociación, evitación, y alerta, que comiencen o se empeoren como consecuencia del hecho desencadenante.

  a. Intrusión (apropiación):

    i. Trastorno recurrente e involuntario en la rememoración de los hechos desencadenantes.
    ii. Ensoñaciones relacionadas.
    iii. Reacciones disociativas, como por ejemplo *flashbacks*, en los que el paciente cree que revive los hechos.
    iv. Reacciones exageradas ante elementos que pudieran simbolizar el evento.

  b. Mal humor: incapacidad de sentir emociones positivas de satisfacción o felicidad.
  c. Síntomas disociativos:

    i. Alteración de la realidad del ambiente: aturdimiento, sensación de que el tiempo discurre lentamente, observarse desde la perspectiva de otro…
    ii. Amnesia parcial, no relacionada con alcohol, drogas o traumatismo craneoencefálico.

  d. Síntomas de evitación:

    i. Empeño para evitar rememorar los hechos.
    ii. Empeño para evitar recuerdos (personas, lugares, conversaciones, actividades, objetos o situaciones) que rememoren los hechos.

  e. Síntomas de alerta:

    i. Trastornos del sueño: dificultad para conciliar el sueño, sueño no reparador…
    ii. Irritabilidad: respuestas agresivas verbales o físicas ante ninguna o mínima provocación, hacia personas u objetos.
    iii. Hipervigilancia.
    iv. Falta de concentración.
    v. Hipersensibilidad en las respuestas.

C. Duración: 3 días a 1 mes tras la exposición al agente desencadenante. Aunque los síntomas suelen aparecer inmediatamente, es preciso esperar al menos 3 días para valorar el diagnóstico de EDS.

D. El trastorno limita la actividad laboral, social u otras áreas importantes de la vida corriente.

E. El trastorno no se puede atribuir a los efectos fisiológicos del alcohol o ningún fármaco, ni alguna otra patología concurrente, como un traumatismo craneoencefálico o trastorno psicótico.

El abordaje terapéutico debe dirigirse principalmente hacia terapias de modificación de conducta, con medidas educativas, reestructuración cognoscitiva y exposición. Las medidas educativas han de ir dirigidas a explicar los mecanismos fisiológicos, normalizar la respuesta al estrés, y favorecer la recuperación. Estas medidas han de ser dirigidas por el médico. En la mayor parte de los casos resulta eficaz el tratamiento precoz, si bien se dan algunos casos en los que es preferible el tratamiento diferido.

Reacción al estrés operacional en combate (*Combat Operational Stress Reaction:* COSR)

La exposición a cualquier situación de combate lleva aparejada un cierto nivel de estrés, que es compartido no solo por el personal militar, sino también por todos aquellos deportistas de acción, como policías, bomberos, personal de rescate, etc.

Se denomina COSR a un conjunto de síntomas de comportamiento y maladaptación psicológica, a menudo transitoria, que puede aparecer en respuesta a los agentes estresantes propios del combate u otras operaciones militares especialmente exigentes. Esta definición sirve para identificar el trastorno y facilitar su abordaje terapéutico, generalmente de manera conservadora, mediante reposo y apoyo de los mandos y compañeros. Se debe identificar en las primeras 72 horas de su aparición (DoD, 1999). A pesar de que no se dispone de cifras oficiales, numerosos expertos coinciden en señalar su gran prevalencia (USDA, 2006).

No se considera como patología psiquiátrica por varias razones. En primer lugar porque, a diferencia de las enfermedades psiquiátricas, no existe un mínimo de severidad ni de número de síntomas que lo definan. Por otro lado, con objeto de evitar la estigmatización y facilitar al máximo la demanda de ayuda por parte del combatiente, no se ha incluido en la clasificación internacional de enfermedades (DSM). Naturalmente, si los síntomas se mantienen más de 72 horas, debe ser evaluado por personal médico especializado.

El COSR se ve favorecido por la duración de las operaciones, las condiciones de privación y peligro y la separación de la familia, así como por otras fuentes de apoyo social, que suelen resumirse como Estrés Operacional de Combate (*Combat Operational Stress*: COS).

La respuesta al estrés de combate puede ser positiva o negativa. Cuando la respuesta es favorable estimula la adhesión entre compañeros y el espíritu de camaradería en la unidad, aumentando la confianza en los otros. Una respuesta negativa conduce al COSR (Brusher, 2007).

El desarrollo de los síntomas suele aparecer a lo largo de la actividad militar con una cierta secuencia, en la que pueden intervenir diversos factores que pueden favorecer la aparición de síntomas. Por ejemplo, el aburrimiento durante las fases previas al despliegue o el consumo de sustancias estupefacientes o alcohol pueden actuar como agonistas de la ansiedad propia de la espera. El ritmo trepidante de la operación; las características medioambientales; la intensa fatiga y ansiedad son también factores precipitantes. Durante la operación, especialmente si esta es duradera, ciertos problemas personales o familiares pueden también dificultar la situación. No obstante, existen algunos factores de riesgo especialmente importantes (Brusher, 2011; Benedek, 2008; USAMDABH, 2012; Gal, 1995):

– Enfermedades psiquiátricas previas
– Consumo de alcohol o estupefacientes
– Problemas personales o sociales ajenos a la operación
– Experiencia previa de combate
– Duración e intensidad de la exposición al estrés de combate
– Severidad de la exposición al combate
– Historia personal de traumas previos
– Grado de cohesión de la unidad
– Liderazgo del mando
– Adecuado entrenamiento

Las manifestaciones clínicas son muy variadas tanto en la esencia de las mismas como en la intensidad en la que pueden sufrirse (Brusher, 2011; Benedek, 2008; Gal, 1995). Se podrían resumir en:

– Fisiológicas:

- Extenuación
- Insomnio
- Síntomas vegetativos (por ejemplo: sudoración, palpitaciones…)
- Temblor
- Entumecimiento
- Hormigueo
- Incapacidad funcional de miembros o partes del cuerpo

– Cognoscitivas:

- Incapacidad para tomar decisiones
- Falta de concentración

- Pesadillas
- Pérdida de memoria
- Reviviscencia (*flashback*)
- Pérdida del sentido de la realidad
- Pérdida de confianza
- Apatía

– Emocionales:

- Preocupación
- Nerviosismo
- Irritabilidad
- Angustia
- Miedo
- Ansiedad

– Comportamentales:

- Incapacidad de completar tareas
- Distracción
- Descuidos
- Imprudencia
- Falta de conducta
- Aislamiento
- Reacciones agresivas inapropiadas
- Hiperalerta
- Inmovilidad
- Falta de atención

La evolución de los síntomas es muy variable. En algunas ocasiones se han descrito casos en los que los síntomas se limitaban a un cierto número de horas diarias (Brusher, 2011). En otros casos los síntomas pueden ser parte de trastornos psiquiátricos como el ASD o el PTSD.

Basándonos en la literatura norteamericana, la inmensa mayoría de los sujetos que sufrieron COSR retornaron al servicio activo sin novedad.

Resulta especialmente importante la identificación precoz por parte de los superiores o compañeros, por lo que se ha de sensibilizar al personal acerca de la detección de signos de alarma como:

– Aumento de la irritabilidad
– Aislamiento
– Disminución del rendimiento profesional

La prioridad estriba en determinar si hay necesidad de tratamiento urgente especializado, para lo que se tendrán en cuenta tanto los síntomas como la concurrencia de factores de riesgo, antes expuestos.

La prevención primaria, es decir, la encaminada a evitar que aparezca por primera vez COSR, se centra en observar, identificar, modificar, evitar o reducir los agentes estresantes antes de que se produzcan (Watson, 2011). Naturalmente, a menudo esto no es posible, aunque siempre que se pueda, se tomará en cuenta lo siguiente:

– Preparación y entrenamiento previo al despliegue
– Cumplimiento de los ciclos de sueño y actividad
– Apoyo social en las unidades
– Nutrición e hidratación adecuadas
– Formación del personal: unidades de Control de Estrés de Combate

La atención a lo largo de las primeras 72 horas a individuos que presenten estos síntomas suele consistir en medidas conservadoras, si bien pueden requerir tratamiento farmacológico o psicoterapéutico adicional. Debería guiarse por los principios propios de los primeros auxilios psicológicos, centrados en el ofrecimiento de seguridad, calma, empatía, apoyo y autoeficacia (Hobfoll, 2007; DoD, 2011; Forsten, 2005). En general, las medidas deberían caracterizarse por:

– Brevedad: 1-3 días
– Inmediatez: lo antes posible
– Contacto: debe sentirse parte de la unidad
– Expectativa de fácil solución:

  • Garantía de tratarse de un asunto frecuente y trivial
  • Necesidad de sentirse miembro de la unidad
  • Regreso o rápida incorporación a su quehacer cotidiano

– Proximidad: lo más próximo a su unidad
– Simplicidad

Trastorno postraumático por estrés (*Posttraumatic Stress Disorder:* PTSD)

Se define el PTSD como el conjunto de trastornos somáticos, cognitivos, afectivos y de comportamiento desencadenados por la reacción psicológica generada por una experiencia traumática (van der Kolk, 1996). Suele caracterizarse por pensamientos obsesivos indeseados, sueños, rememoraciones de la experiencia traumática, conducta elusiva de recuerdos del trauma, hiperalerta y trastornos del sueño que provocan una disfunción social, profesional e interpersonal.

El PTSD puede aparecer tras experiencias de combate, atracos, desastres naturales, accidentes, raptos, abusos sexuales, enfermedades con peligro vital, etc. Se han descrito prevalencias de entre el 3 y el 13% (Resnik, 1993; Kessler, 1995, 2005, Norris, 1992; Stein, 2000).

Se da una gran variabilidad con respecto a la susceptibilidad para sufrir PTSD (Stein, 2007; Kroll, 2003). Existen, no obstante, algunos factores que podrían propiciar su aparición, como bajos niveles socioeconómicos, padres descuidados, antecedentes psiquiátricos personales o familiares, escaso entorno social, gran severidad del episodio estresante, etc. (Vieweg, 2006; Liebschutz, 2007; Bisson, 2007; Campbell, 2007; Spitzer, 2009).

Si bien las mujeres sufren cuatro veces más PTSD, cuando el trastorno aparece como consecuencia de un accidente, desastre natural, o fallecimiento repentino de un ser querido, las cifras son semejantes. Aunque las mujeres sufren mayor número de raptos que los varones, el índice de PTSD posrapto es mayor en varones. Sin embargo, los varones desarrollan menos PTSD tras una experiencia de abusos sexuales que las mujeres (Yehuda, 2002; Vieweg, 2006).

En un amplio estudio sobre refugiados políticos y otros conflictos internacionales (Steel, 2009), se encontraban prevalencias de PTSD en más del 30% de la población.

Los heridos en combate son candidatos importantes a sufrir PTSD. La predisposición en este caso depende principalmente de la gravedad de la lesión y su evolución a lo largo del tiempo (Grieger, 2006). Hoge y colaboradores publicaron un análisis sobre soldados hospitalizados por heridas de guerra, con una prevalencia de entre el 4 y el 13% de PTSD a los 4 meses del acontecimiento (Hoge, 2008; Halbauer, 2009). Los soldados que sufrían lesiones más severas 1 mes después del episodio eran los más susceptibles a sufrirlo 6 meses después. Casi la mitad de los soldados con conmoción craneoencefálica abocaban a sufrir PTSD. Schneiderman (2008) señalaba que mientras que la tasa de prevalencia de PTSD entre los soldados que regresaban de las guerras de Iraq y de Afganistán era del 11%, cuando los soldados habían sufrido traumatismo craneoencefálico las cifras eran superiores al 60%.

Un reciente y amplio estudio británico (Jones, 2013) demostraba como la acción real de combate es un significativamente mayor desencadenante de PTSD que las maniobras o el despliegue. También observaron que los militares de mayor graduación lo sufrían menos a menudo.

El PTSD derivado de la acción de guerra predispone a la aparición de otros trastornos psiquiátricos posteriores, como hallaron los componentes de un grupo australiano en una valoración de veteranos de la guerra de Vietnam (O'Toole, 2009): depresión, ansiedad, alcoholismo, dolor persistente, etc.

Entre los pacientes sometidos a tratamiento de enfermedades con riesgo vital, en una unidad de vigilancia intensiva, las tasas de PTSD son del 20% (Davydow, 2008).

Con respecto a los aspectos fisiopatológicos del trastorno, se ha observado una disminución significativa del volumen del hipocampo, amígdala izquierda y corteza cingulada anterior entre los pacientes con PTSD, al compararlos con población general (Bremmer, 1995; Karl, 2006). También se han encontrado cifras elevadas de noradrenalina con una disminución del número de receptores adrenérgicos centrales; disminución de glucocorticoides con mayor número de receptores, y un mayor número de lesiones cerebrales en el hemisferio izquierdo (Geracioti, 2001; van der Kolk, 1997).

Como ya habíamos apuntado anteriormente, la genética puede jugar un importante papel en la fisiopatología de los trastornos relacionados con las situaciones de estrés (Kilpatrick, 2007; Broekman, 2007; Binder, 2008).

La mayor parte de los individuos que sufrieron una experiencia traumática muestran reacciones significativas cuando se les pide que rememoren los hechos. No obstante, las reacciones de los pacientes que sufren PTSD son considerablemente más llamativas, con rememoraciones llenas de ansiedad. Suelen evitar deliberadamente estas situaciones que les aterrorizan, llevándoles a veces hacia un cierto entumecimiento emocional, pérdida de interés por las actividades cotidianas y a un cierto aislamiento social.

Suelen asociarse con otras enfermedades psiquiátricas, en mayor medida que la población general. Más de la mitad de los pacientes con PTSD tiene algún otro trastorno mental. Los más prevalentes son las alteraciones depresivas, ansiedad y adicción a sustancias tóxicas (Kessler, 1995).

Aunque la mayor parte de los pacientes que sufren PTSD comienzan los síntomas en los primeros meses, en la cuarta parte de los casos la aparición puede retrasarse más de 6 meses (Smid, 2009).

Un tercio de los enfermos de PTSD se recuperan en el primer año, y otro tercio sigue con los síntomas 10 años más tarde (Kessler, 1995). Quienes sufren síntomas de PTSD tienen más a menudo problemas laborales, peor entorno social y mayor discapacidad (Solomon, 1997). Tienen mayor riesgo de suicidio (Wilcox, 2009; Bernal, 2007). Sufren más a menudo problemas de pareja y familiares (Solomon, 1997; Taft, 2011).

El diagnóstico de la enfermedad tiene lugar mediante la aplicación de los criterios DSM-5 (AHA 2013):

A. Exposición a una amenaza real de muerte o lesión grave personalmente o siendo testigo directo, o bien cuando le ha ocurrido a un familiar próximo

un accidente o acontecimiento violento, o sujetos sometidos reiteradamente a los efectos de situaciones violentas (por ejemplo, policías ante hechos violentos reiterados). Se excluyen los hechos relacionados con situaciones violentas virtuales, como películas, videojuegos, etc., excepto que estén relacionados con la actividad profesional ordinaria.

B. Presencia de 1 o más síntomas de intrusión, asociados con el hecho desencadenante:

   a. Recuerdo involuntario, recurrente y estresante del hecho traumático.
   b. Sueños recurrentes relacionados con el hecho.
   c. Reacciones disociativas (por ejemplo, rememoraciones del hecho traumático).
   d. Distrés psicológico intenso en relación a personas, objetos y otros elementos que traigan el recuerdo del hecho desencadenante.
   e. Reacciones vegetativas a símbolos relacionados.

C. Signos persistentes de evitación:

   a. Esfuerzo para evitar recuerdos o pensamientos relacionados.
   b. Esfuerzo para evitar personas, lugares u objetos que puedan recordar el hecho.

D. Alteraciones negativistas cognitivas o del sentido del humor:

   a. Amnesia disociativa.
   b. Pensamientos negativos sobre uno mismo (estoy mal, nadie puede confiar en mí…).
   c. Distorsión cognitiva que adjudica culpabilidades irreales a sí mismo o a los otros.
   d. Estado emocional negativo.
   e. Falta de interés para la participación.
   f. Distanciamiento de los otros.
   g. Estado emocional negativo: miedo, horror, angustia, culpabilidad, vergüenza…
   h. Incapacidad para experimentar experiencias positivas.

E. Alteraciones de reactividad con respecto al nivel de atención:

   a. Irritabilidad.
   b. Comportamiento autodestructivo.
   c. Hiperalerta.
   d. Hiperreactividad.
   e. Falta de concentración.
   f. Insomnio.

La diferencia principal con el ASD es el tiempo de duración. Cuando los síntomas persisten más de 30 días es preciso confirmar la presencia de PTSD.

Bibliografía

American Psychiatric Association: *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, 5.ª ed. (DSM-5), Arlington: American Psychiatric Association, VA, 2013.

Barton, K. A.; Blanchard, E. B. y Hickling, E. J.: «Antecedents and consequences of acute stress disorder among motor vehicle accident victims», en *Behav Res Ther*, 1996, 34:805.

Benedek, D. M. y Rundell, J. R.: «Military psychiatry», en Stern, T. A.; Rosenbaum, J.; Fava, M. *et al.* (eds.): *Massachusetts General Hospital Comprehensive Textbook of Psychiatry*, Filadelfia: Moseby/Elsevier, PA, 2008, p. 1.207.

Bernal, M.; Haro, J. M.; Bernert, S. *et al.*: «Risk factors for suicidality in Europe: results from the ESEMED study», en *J Affect Disord*, 2007, 101:27.

Binder, E. B.; Bradley, R. G.; Liu, W. *et al.*: «Association of FKBP5 polymorphisms and childhood abuse with risk of posttraumatic stress disorder symptoms in adults», en *JAMA*, 2008, 299:1291.

Bisson, J. I.: «Post-traumatic stress disorder», en *BMJ*, 2007, 334:789.

Bremner, J. D.; Randall, P.; Scott, T. M. *et al.*: «MRI-based measurement of hippocampal volume in patients with combat-related posttraumatic stress disorder», en *Am J Psychiatry*, 1995, 152:973.

Broekman, B. F.; Olff, M. y Boer, F.: «The genetic background to PTSD», en *Neurosci Biobehav Rev*, 2007, 31:348.

Brusher, E. A.: «Combat and operational stress control», en Ritchie, E. C. (ed): *Combat and Operational Behavioral Health*, Fort Detrick, MA, 2011.

Brusher, E. A.: «Combat and Operational Stress Control», en *Int J Emerg Ment Health*, 2007, 9:111.

Bryant, R. A.; Creamer, M.; O'Donnell, M. L. *et al.*: «A multisite study of initial respiration rate and heart rate as predictors of posttraumatic stress disorder», en *J Clin Psychiatry*, 2008, 69:1694.

Bryant, R. A.; Creamer, M.; O'Donnell, M. L. *et al.*: «A multisite study of the capacity of acute stress disorder diagnosis to predict posttraumatic stress disorder», en *J Clin Psychiatry*, 2008, 69:923.

Bryant, R. A. y Harvey, A. G.: «Relationship between acute stress disorder and posttraumatic stress disorder following mild traumatic brain injury», en *Am J Psychiatry*, 1998, 155:625.

Bryant, R. A.: «Acute stress disorder as a predictor of posttraumatic stress disorder: a systematic review», en *J Clin Psychiatry*, 2011, 72:233.

Butterfield, M. I. *et al.*: «Neuroactive steroids and suicidality in posttraumatic stress disorder», en *Am J Psychiatry* 162, 2005, pp. 380-382.

Campbell, D. G.; Felker, B. L.; Liu, C. F. *et al.*: «Prevalence of depression-PTSD comorbidity: implications for clinical practice guidelines and primary care-based interventions», en *J Gen Intern Med*, 2007, 22:711.

Carey, N.: *The epigenetics revolution: How Modern Biology Is Rewriting Our Understanding of Genetics, Disease, and Inheritance*, Columbia University Press, 2011.

Carpenter, L. L.; Tyrka, A. R.; McDougle, C. J.; Malison, R. T.; Owens, M. J.; Nemeroff, C. B. y Price, L. H.: «Cerebrospinal fluid corticotropin-releasing factor and perceived early-life stress in depressed patients and healthy control subjects», en *Neuropsychopharmacology*, abril 2004, 29(4):777-84.

Charney, D. S.; Deutch, A. Y.; Krystal, J. H. *et al.*: «Psychobiologic mechanisms of posttraumatic stress disorder», en *Arch Gen Psychiatry*, 1993, 50:295.

Charney, D. S.: «Psychobiological mechanisms of resilience and vulnerability: implications for successful adaptation to extreme stress», en *Am J Psychiatry* 161, 2004, pp. 195-216.

Cook, S. C. y Wellman, C. L.: «Chronic stress alters dendritic morphology in rat medial prefrontal cortex», en *J Neurobiol* 60, 2004, pp. 236-248.

Davydow, D. S.; Gifford, J. M.; Desai, S. V. et al.: «Posttraumatic stress disorder in general intensive care unit survivors: a systematic review», en *Gen Hosp Psychiatry*, 2008, 30:421.

Dehnhard, N.; Quillfeldt, P. y Hennicke, J. C.: «Leucocyte proWles and H/L ratios in chicks of Red-tailed Tropicbirds reflect the ontogeny of the immune system», en *J Comp Physiol B*, 2011, 181:641-648.

Department of Defense, DoD Directive 6490.5: *Combat stress control (CSC) programs*, Washington D. C.: Assistant Secretary of Defense for Health Affairs, 1999.

Department of Defense, DoD Instruction 4690.05: *Maintenance of psychological health in military operations*, Washington D. C., 2011.

Elliott, E.; Ezra-Nevo, G.; Regev, L.; Neufeld-Cohen, A. y Chen, A.: «Resilience to social stress coincides with functional DNA methylation of the Crf gene in adult mice», en *Nat Neurosci*, noviembre 2010, 13(11):1351-3.

Epel, E.: «Psychological and metabolic stress: A recipe for accelerated cellular aging?», en *Hormones*, 2009, 8(1): 7-22.

«Epigenetic programming by maternal behavior», en *Nature Neuroscience* 7, 2004, pp. 847-854.

Feder, A.; Nestler, E. J. y Charney, D. S.: «Psychobiology and molecular genetics of resilience», en *Nat Rev Neurosci* 10, 2009, pp. 446-457.

Forsten, R. y Schneider, B.: «Treatment of the stress casualty during operation Iraqi freedom one», en *Psychiatr Q*, 2005, 76:343.

Gal, R. y Jones, F. D.: «A psychological model of combat stress», en Davis, L. (ed.): *War Psychiatry*, Falls Church: Office of the Surgeon General (OSG), VA, 1995.

Galea, S.: «The long-term health consequences of disasters and mass traumas», en *CMAJ*, 2007, 176:1293.

Geracioti, T. D. Jr.; Baker, D. G.; Ekhator, N. N. *et al.*: «CSF norepinephrine concentrations in posttraumatic stress disorder», en *Am J Psychiatry*, 2001, 158:1227.

Grieger, T. A.; Cozza, S. J.; Ursano, R. J. *et al.*: «Posttraumatic stress disorder and depression in battle-injured soldiers», en *Am J Psychiatry*, 2006, 163:1777.

Halbauer, J. D.; Ashford, J. W.; Zeitzer, J. M. et al.: «Neuropsychiatric diagnosis and management of chronic sequelae of war-related mild to moderate traumatic brain injury», en *J Rehabil Res Dev*, 2009, 46:757.

Harvey, A. G. y Bryant, R. A.: «Acute stress disorder after mild traumatic brain injury», en *J Nerv Ment Dis*, 1998, 186:333.

Harvey, A. G. y Bryant, R. A.: «Predictors of acute stress following mild traumatic brain injury», en *Brain Inj*, 1998, 12:147.

Harvey, A. G. y Bryant, R. A.: «Predictors of acute stress following motor vehicle accidents», en *J Trauma Stress*, 1999, 12:519.

Harvey, A. G. y Bryant, R. A.: «The relationship between acute stress disorder and posttraumatic stress disorder: a prospective evaluation of motor vehicle accident survivors», en *J Consult Clin Psychol*, 1998, 66:507.

Harvey, A. G. y Bryant, R. A.: «The relationship between acute stress disorder and posttraumatic stress disorder: a 2-year prospective evaluation», en *J Consult Clin Psychol*, 1999, 67:985.

Hobfoll, S. E.; Watson, P.; Bell, C. C. *et al.*: «Five essential elements of immediate and mid-term mass trauma intervention: empirical evidence», *Psychiatry*, 2007, 70:283.

Hoge, C. W.; McGurk, D.; Thomas, J. L. *et al.*: «Mild traumatic brain injury in U.S. Soldiers returning from Iraq», en *N Engl J Med*, 2008, 358:453.

Johnstone, C. P.; Reina, R. D. y Lill, A.: «Interpreting indices of physiological stress in free-living vertebrates», en *J Comp Physiol B*, 2012, 182:861-879.

Jones, M.; Sundin, J.; Goodwin, L. *et al.*: «What explains post-traumatic stress disorder (PTSD) in UK service personnel: deployment or something else?», en *Psychol Med*, 2013, 43:1703.

Kangas, M.; Henry, J. L. y Bryant, R. A.: «The relationship between acute stress disorder and

Karl, A.; Schaefer, M.; Malta, L. S. *et al.*: «A meta-analysis of structural brain abnormalities in PTSD», en *Neurosci Biobehav Rev*, 2006, 30:1004.

Kessler, R. C.; Berglund, P.; Demler, O. *et al.*: «Lifetime prevalence and age-of-onset distributions of DSM-IV disorders in the National Comorbidity Survey Replication», en *Arch Gen Psychiatry*, 2005, 62:593.

Kessler, R. C.; Chiu, W. T.; Demler, O. *et al.*: «Prevalence, severity, and comorbidity of 12-month DSM-IV disorders in the National Comorbidity Survey Replication», en *Arch Gen Psychiatry*, 2005, 62:617.

Kessler, R. C.; Sonnega, A.; Bromet, E. *et al.*: «Posttraumatic stress disorder in the National Comorbidity Survey», en *Arch Gen Psychiatry*, 1995, 52:1048.

Kilpatrick, D. G.; Koenen, K. C.; Ruggiero, K. J. *et al.*: «The serotonin transporter genotype and social support and moderation of posttraumatic stress disorder and depression in hurricane-exposed adults», en *Am J Psychiatry*, 2007, 164:1693.

Kroll, J.: «Posttraumatic symptoms and the complexity of responses to trauma», en *JAMA*, 2003, 290:667.

Lee, R.; Geracioti, T. D. Jr.; Kasckow, J. W. y Coccaro, E. F.: «Childhood trauma and personality disorder: positive correlation with adult CSF corticotropin-releasing factor concentrations», en *The American Journal of Psychiatry*, 162 (5), pp. 995-997.

Liebschutz, J.; Saitz, R.; Brower, V. *et al.*: «PTSD in urban primary care: high prevalence and low physician recognition», en *J Gen Intern Med*, 2007, 22:719.

McEwen, B. S.: «Plasticity of the hippocampus: adaptation to chronic stress and allostatic load», en *Ann NY Acad Sci*, 2001, 933:265-277.

McGowan, P.; Sasaki, A.; D'Alessio, A.; Dymov, S.; Labonté, B.; Szyf, M.; Turecki, G. y Meaney, M.: «Epigenetic regulation of the glucocorticoid receptor in human brain associates with childhood abuse», en *Nature Neuroscience* 12, 2009, pp. 342-348.

Meewisse, M. L.; Reitsma, J. B.; Vries, G. J. de; Gersons, B. P. y Olff, M.: «Cortisol and post-traumatic stress disorder in adults: systematic review and meta-analysis», en *Br J Psychiatry* 191, 2007, pp. 387-392.

Morgan, C. A. III *et al.*: «Neuropeptide-Y, cortisol, and subjective distress in humans exposed to acute stress: replication and extension of previous report», en *Biol Psychiatry* 52, 2002, pp. 136-142.

Morgan, C. A. III *et al.*: «Plasma neuropeptide-Y concentrations in humans exposed to military survival training», en *Biol Psychiatry* 47, 2000, pp. 902-909.

Munck, A.; Guyre, P. M. y Holbrook, N. J.: «Physiological functions of glucocorticoids in stress and their relations to pharmacological actions», en *Endocrine Rev*, 1984, 5:25-44.

Murgatroyd, C.; Patchev, A.; Wu, Y.; Micale, V.; Bockmühl, Y.; Fischer, D.; Holsboer, F.; Wotjak, C.; Almeida, O. y Spengler, D.: «Dynamic DNA methylation programs persistent adverse effects of early-life stress», en *Nature Neuroscience* 12, 2009, pp. 1559-1566.

Narayan, E.; Molinia, F.; Christi, K.; Morley, C. y Cockrem, J.: «Urinary corticosterone metabolite responses to capture, and annual patterns of urinary corticosterone in wild and captive endangered Fijian ground frogs (Platymantis vitiana)», en *Aust J Zool*, 2010, 58:189-197.

Norris, F. H.: «Epidemiology of trauma: frequency and impact of different potentially traumatic events on different demographic groups», en *J Consult Clin Psychol*, 1992, 60:409.

O'Toole, B. I.; Catts, S. V.; Outram, S. *et al.*: «The physical and mental health of Australian Vietnam veterans 3 decades after the war and its relation to military service, combat, and post-traumatic stress disorder», en *Am J Epidemiol*, 2009, 170:318.

Ozer, E. J.; Best, S. R.; Lipsey, T. L. y Weiss, D. S.: «Predictors of posttraumatic stress disorder and symptoms in adults: a meta-analysis», en *Psychol Bull*, 2003, 129:52.

posttraumatic stress disorder following cancer», en *J Consult Clin Psychol*, 2005, 73:360.

Radley, J. J.; Kabbaj, M.; Jacobson, L.; Heydendael, W.; Yehuda, R. y Herman, J.: «Stress risk factors and stress-related pathology: Neuroplasticity, epigenetics and endophenotypes», *Stress*, 2011, 14(5):481-497.

Rasmusson, A. M.; Vythilingam, M. y Morgan, C. A. III: «The neuroendocrinology of posttraumatic stress disorder: new directions», *CNS Spectr* 8, 2003, pp. 651-656, 665-667.

Resnick, H. S.; Kilpatrick, D. G.; Dansky, B. S. *et al.*: «Prevalence of civilian trauma and posttraumatic stress disorder in a representative national sample of women», en *J Consult Clin Psychol*, 1993, 61:984.

Schneiderman, A. I.; Braver, E. R. y Kang, H. K.: «Understanding sequelae of injury mechanisms and mild traumatic brain injury incurred during the conflicts in Iraq and Afghanistan: persistent postconcussive symptoms and posttraumatic stress disorder», en *Am J Epidemiol*, 2008, 167:1446.

Smid, G. E.; Mooren, T. T.; Mast, R. C. van der *et al.*: «Delayed posttraumatic stress disorder: systematic review, meta-analysis, and meta-regression analysis of prospective studies», en *J Clin Psychiatry*, 2009, 70:1572.

Smith, K. y Bryant, R. A.: «The generality of cognitive bias in acute stress disorder», *Behav Res Ther*, 2000, 38:709.

Solomon, S. D. y Davidson, J. R.: «Trauma: prevalence, impairment, service use, and cost», en *J Clin Psychiatry*, 1997, 58 suppl 9:5.

Spitzer, C.; Barnow, S.; Völzke, H. *et al.*: «Trauma, posttraumatic stress disorder, and physical illness: findings from the general population», en *Psychosom Med*, 2009, 71:1012.

Steel, Z.; Chey, T.; Silove, D. *et al.*: «Association of torture and other potentially traumatic events with mental health outcomes among populations exposed to mass conflict and displacement: a systematic review and meta-analysis», en *JAMA*, 2009, 302:537.

Stein, D. J.; Seedat, S.; Iversen, A. y Wessely, S.: «Post-traumatic stress disorder: medicine and politics», en *Lancet*, 2007, 369:139.

Stein, M. B.; McQuaid, J. R.; Pedrelli, P. *et al.*: «Posttraumatic stress disorder in the primary care medical setting», en *Gen Hosp Psychiatry*, 2000, 22:261.

Stetler, C. y Miller, G. E.: «Depression and hypothalamic-pituitary-adrenal activation: a quantitative summary of four decades of research», en *Psychosom Med* 73, 2011, pp. 114-126.

Taft, C. T.; Watkins, L. E.; Stafford, J. *et al.*: «Posttraumatic stress disorder and intimate relationship problems: a meta-analysis», en *J Consult Clin Psychol*, 2011, 79:22.

Taylor, M. K. *et al.*: «Effects of dehydroepiandrosterone supplementation during stressful military training: a randomized, controlled, double-blind field study», en *Stress* 15, 2012, pp. 85-96.

U.S. Army Medical Department Army Behavioral Health: *Combat operational stress (COS) general information*, en <http://www.behavioralhealth.army.mil/provider/general.html>, consultado el 15 de mayo de 2012.

Uchida, S.; Hara, K.; Kobayashi, A.; Otsuki, K.; Yamagata, H.; Hobara, T.; Suzuki, T.; Miyata, N. y Watanabe, Y.: «Epigenetic status of Gdnf in the ventral striatum determines susceptibility and adaptation to daily stressful events», en *Neuron*, enero de 2011, 27;69(2):359-72.

U.S. Department of the Army: «Combat and operational stress control», en *Field Manual 4-02.51 (FM 8-51)*, Washington D. C., 2006.

van der Kolk, B. A.; Pelcovitz, D.; Roth, S. *et al.*: «Dissociation, somatization, and affect dysregulation: the complexity of adaptation of trauma», en *Am J Psychiatry*, 1996, 153:83.

van der Kolk, B. A.: «The psychobiology of posttraumatic stress disorder», en *J Clin Psychiatry*, 1997, 58 suppl 9:16.

Vieweg, W. V.; Julius, D. A.; Fernández, A. *et al.*: «Posttraumatic stress disorder: clinical features, pathophysiology, and treatment», en *Am J Med*, 2006, 119:383.

Watson, P.; Litz, B.; Southwick, S. y Ritchie, E. C.: «Preparation for deployment: Improving resilience», en Ritchie, E. C. (ed.): *Combat and Operational Behavioral Health*, Fort Detrick: Office of the Surgeon General (OSG), 2011.

Weaver, I.; Cervoni, N.; Champagne, F.; D'Alessio, A.; Sharma, S.; Seckl, J.; Dymov, S.; Meaney, M.

Wilcox, H. C.; Storr, C. L. y Breslau, N.: «Posttraumatic stress disorder and suicide attempts in a community sample of urban american young adults», en *Arch Gen Psychiatry*, 2009, 66:305.

Yehuda, R.: «Post-traumatic stress disorder», en *N Engl J Med*, 2002, 346:108.

Yehuda, R.; Brand, S. R.; Golier, J. A. y Yang, R. K.: «Clinical correlates of DHEA associated with post-traumatic stress disorder», en *Acta Psychiatr Scand* 114, 2006, pp. 187-193.

RESPUESTA PSICO-FISIOLÓGICA EN COMBATE

Vicente Javier Clemente Suárez
Departamento de Motricidad, Rendimiento Humano y Gestión del Deporte
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte
Universidad Europea de Madrid

Los actuales teatros de operaciones combinan diferentes tipos de operaciones bélicas entre las que predominan los conflictos asimétricos, caracterizados por realizarse en áreas urbanas en continua evolución y con presencia de personal civil. Estos conflictos asimétricos están en constante cambio y el combatiente tiene que estar preparado para ataques inesperados o para el combate cuerpo a cuerpo. Esta nueva forma de combate se combina con acciones de combate simétrico o convencional, las cuales difieren en sus características y en las demandas que los combatientes tienen que cumplir en ellas. Además, tanto en los combates asimétricos como simétricos encontramos acciones determinantes de combate cuerpo a cuerpo tanto en fases intermedias del combate como en las fases finales de estos (figura 6).



Figura 6: Combatiente registrando a posible insurgente. En las actuales zonas de conflicto el combatiente tiene que hacer frente a enemigos irregulares, no uniformados y con armamento oculto.

El combate en cualquiera de las expresiones anteriormente expuestas es una de las situaciones más estresantes a las cuales el organismo del ser humano tiene que hacer frente; la exigencia tanto a nivel psicológico como fisiológico es máxima y condicionará la supervivencia del combatiente. Sin embargo, actualmente el estudio de las diferentes situaciones de combate (figura 7) se ha centrado en analizar los procesos de toma de decisiones de los mandos (Murray, 2003), la asimetría estratégica de los actuales campos de batalla (Metz, 2002), los sistemas de coordinación entre diferentes unidades de un Ejército dentro del campo de batalla (Braganca, 2004) o la coordinación entre las funciones de combate y los sofisticados sistemas de armas (Calvo, 2005).



Figura 7: Patrulla en zona urbana.

El estudio de la respuesta orgánica de los combatientes en diferentes situaciones de combate, ya sean simulados o reales, se ha visto muy limitado y únicamente se ha centrado en la investigación de diferentes parámetros orgánicos antes y después de la realización de distintas misiones. Dentro de esta línea de investigación Lester *et al.* (2010) analizaron la composición corporal y el estado físico de 73 combatientes de Infantería después de 13 meses de misión en Iraq observando como después de esta misión, tanto la fuerza de miembros superiores e inferiores aumentó (7% y 8%), al igual que la potencia muscular (9%), además el rendimiento aeróbico disminuyó un 13% y la masa grasa aumentó un 9%. También se ha comprobado como el porcentaje de grasa es un valioso indicador de rendimiento al analizar una prueba incremental de carrera con

el equipo de combate (Ricciardi *et al.*, 2007). Rintamäki *et al.* (2005) observaron cómo después de 12 días de maniobras militares realizadas en invierno no se produce fatiga acumulada en los soldados, además no tienen efectos negativos en la fuerza máxima y el consumo de oxígeno máximo y producen una disminución de la frecuencia cardíaca, debida al entrenamiento realizado en estas maniobras. En otro estudio similar en el que se analizaba una maniobra militar de 72 horas se llegó a la conclusión de que el esfuerzo físico, la privación de sueño y de alimento perturba el metabolismo de los soldados que participan en ella, además producía un descenso de rendimiento debido a la sobreutilización muscular sin una adecuada recuperación (Nindl *et al.*, 2002). Luengo *et al.* (1987), al analizar los parámetros de frecuencia cardíaca y presión arterial en 34 secuencias de marcha, para estudiar la adaptación cardiovascular al esfuerzo prolongado y mantenido en una expedición militar a la Patagonia austral, pusieron de manifiesto como la duración prolongada del esfuerzo muscular no interacciona con el funcionalismo y la adaptación cardíaca al mismo, ya que dicho esfuerzo es sensiblemente isotónico, aprovechando fundamentalmente el aumento de la frecuencia cardíaca y del doble producto para sostener el aumento de la demanda cardíaca. Sin embargo, el sistema cardiovascular no mejora su capacidad de esfuerzo con los sucesivos días de marcha sino que aparece un factor de fatiga acumulativa, que produce un mayor consumo de oxígeno para un mismo trabajo físico.



Figura 8: Desembarco de infantería de vehículo BMR en una actuación de combate en población.

Desligado de estos dos grupos de líneas de investigación y más acorde con el estudio que se plantea en este trabajo de investigación encontramos el trabajo de Jiménez (2002) que analizó la maniobra de avance de una unidad de Infantería Ligera desde la base de partida hasta las posiciones enemigas. Para ello simuló esta maniobra en un tapiz rodante donde analizó variables cardiorespiratorias. Los resultados mostraron un bajo nivel físico de los soldados y la necesidad de aumentar sus niveles de resistencia para una mejor ejecución de esta maniobra. Cabe destacar que este estudio se desarrolló en el marco doctrinal de una operación de combate en zonas abiertas en conflictos convencionales o simétricos (figura 8).

A pesar de la capital importancia del conocimiento de la respuesta orgánica en combate para una correcta preparación y adiestramiento del combatiente, pocos han sido los estudios que han profundizado en este tema. La complejidad de las acciones y la multitud de situaciones que se pueden encontrar en combate hacen difícil una aproximación desde el ámbito científico, aunque actualmente una serie de estudios llevados a cabo con personal de las fuerzas y cuerpos de seguridad del Estado español están poniendo de manifiesto aspectos íntimamente relacionados con la respuesta orgánica del combatiente en diferentes situaciones de combate que se encuentran en las actuales zonas de operaciones.

Aproximación a la respuesta psico-fisiológica en combate simétrico

Para analizar la respuesta orgánica del combatiente en una situación de combate simétrico o tradicional se realizó una maniobra en la cual los combatientes fueron divididos en unidades de cuatro componentes. El objetivo de la prueba es evaluar a los sujetos en una simulación de combate para valorar su respuesta ante una intervención con distintas incidencias, aplicando un uso proporcionado de la fuerza que puede oscilar entre el uso de la palabra, una acción de fuego, procedimientos operativos de engrilletado y la aplicación de técnicas de control, golpeo y derribo. Cada combatiente debía recorrer una pista en la que tenía que superar los siguientes obstáculos (figura 9):

Carrera de 100 m.

Obstáculo de triple barra en escalera (altura final 1,80 m).

Paso de obstáculos sobre curso de agua (puente inclinado roto con una luz de 1 m y barras de equilibrio de 4 m).

Espaldera de 2,2 m.

Foso con descenso por rampa y subida escalando de 4 m.



Figura 9: Esquema de movimientos de la unidad durante la simulación de combate convencional.

Paso de alambradas bajas de 8 m.

Después de sobrepasar estos obstáculos la unidad tenía que limpiar una trinchera en la que se encontraba con las siguientes incidencias:

Sujeto que colabora con la unidad con un arma escondida.

Sujeto armado con fusil que no entiende el idioma de la fuerza.

Sujeto con estrés de combate que se encuentra llorando y tiene en sus inmediaciones un arma.

Sujeto que intenta agredir con arma blanca a la fuerza a una distancia de 5 m.

Sujeto que dispara a la fuerza con arma corta de fogueo.

A continuación debía reducir a un centinela con arma blanca simulada que se encontraba vigilando la fachada de un edificio (figura 7).

Antes y después de la prueba se analizaron diferentes parámetros psico-fisiológicos como la percepción subjetiva de esfuerzo, la fuerza isométrica de la zona lumbar y piernas, la fuerza explosiva de piernas (saltos SJ, CMJ y ABK, Clemente *et al.*, 2014), la concentración sanguínea de lactato y los niveles de activación cortical y fatiga del sistema nervioso (tabla 1). En la figura 10 se puede observar la aproximación al edificio.

Los combatientes realizaron una media de 378,3 ± 92,6 metros recorridos, con una velocidad media de desplazamiento de 1,9 ± 0,6 m/s para la realización de la simulación de combate.

Tabla 1. Resultados de los parámetros analizados en la simulación de combate.

	Unidad	PRE	POST	% Cambio
Activación cortical	Hz	37.11±3.40	36.77±4.54	-0.91
Fuerza Isométrica	N	142.47±20.54	147.66±26.66	3.64
Percepción subjetiva de esfuerzo	-	-	14.5±2.0	-
Lactato	mmol/l	2.57±0.62	4.92±2.18	91.4*
SJ	m	0.27±0.06	0.25±0.10	-7.09*
CMJ	m	0.30±0.06	0.29±0.10	-2.64*
ABK	m	0.35±0.06	0.33±0.08	-5.47*
p<0.05.				



Figura 10: Aproximación al edificio.

El análisis de los resultados obtenidos muestra como esta simulación de combate provoca una respuesta cortical alta provocando una disminución de los valores de UCF, lo que pone de manifiesto que este tipo de situaciones de combate puede provocar ligeros síntomas de fatiga del sistema nervioso central

(Li *et al.*, 2004). Esta respuesta es similar a la evaluada en sujetos después de realizar pruebas de velocidad (Clemente *et al.*, 2011) o después de realizar una prueba de esfuerzo hasta la extenuación (Godefroy *et al.*, 2002). Los resultados obtenidos muestran el incremento en la activación cortical que representa una situación de combate, donde los combatientes tienen que superar una serie de obstáculos y hacer frente a una situación en la que existe un gran número de incertidumbres (como la limpieza de la trinchera o la neutralización del centinela). Estas situaciones pueden ser interpretadas por el cerebro como posibles elementos de los cuales puede surgir una respuesta hostil y por lo tanto, se puede poner en peligro la integridad del sujeto, suponiendo para él una amenaza. Esta situación puede provocar en el sujeto un estado de ansiedad (Martens *et al.*, 1990) en el que el cerebro se ve sobreexcitado ante todos estos estímulos y puede llegar a convertirse en una situación muy estresante para él. Este aumento en el grado de atención y de activación ante esta situación estresante hace que el organismo esté en un continuo estado de alerta para poder responder rápidamente ante cualquier estímulo que se le presente. Este alto grado de activación y tensión muscular se ve reflejada en los valores de lactato sanguíneo, los cuales aumentaron significativamente hasta llegar a valores superiores a los del umbral anaeróbico (4,92 ± 2,18 mmol/l) (Sjodin y Jacobs, 1981). Este gran aumento de los valores de lactato sanguíneo también fue originado por el componente físico que conlleva el paso de los diferentes obstáculos cargando con el equipo que realizaron los combatientes, aunque la velocidad media para la realización del ejercicio fue muy baja (1,9 ± 0,6 m/s).

A pesar del elevado nivel de lactato sanguíneo y los síntomas de fatiga del SNC mostrados por los sujetos de esta investigación el valor de RPE fue de 14,5 ± 2,0, valor que no se corresponde con ninguno de los dos parámetros anteriormente comentados (lactato y fatiga del SNC). A raíz de estos resultados podemos pensar que los sujetos no son conscientes realmente de la carga psicológica ni fisiológica que provoca una situación de combate, mostrando una percepción subjetiva de esfuerzo más acorde con la carga externa realizada por ellos durante la acción (movimientos a baja velocidad).

Si analizamos los valores obtenidos en la fuerza isométrica podemos ver como aumentaron después de la simulación de combate. Este aumento de los valores de fuerza de los sujetos puede ser debido al aumento de la activación cortical, que a pesar de ser tan elevada que mostraba síntomas de fatiga del SNC ha podido ser la responsable de este aumento de los valores de fuerza. Este hecho puede tener su explicación en los mecanismos de defensa del cuerpo humano como es la respuesta de lucha-huida en la cual el sistema nervioso simpático es activado y prepara al cuerpo para cualquier situación de peligro (Sandín, 2003). En el caso de esta investigación, el organismo de los combatientes que participaron en ella interpreta que la situación de combate es origen de estímulos que pueden considerarse peligrosos o que pueden poner en peligro la integri-

dad física del organismo, por lo tanto se activa esta respuesta de lucha-huida en la cual el sistema simpático produce una mayor activación muscular. Esta activación muscular a su vez produce un aumento de la fuerza muscular de los sujetos, que se ha mostrado en el aumento de los valores de fuerza isométrica. A pesar de ello, los resultados de fuerza explosiva de piernas disminuyeron debido a que el paso de los obstáculos suponía un trabajo principalmente de la musculatura de los miembros inferiores, a lo que hay que sumar el peso del equipo, por lo que este trabajo muscular total ha podido producir fatiga muscular en los miembros inferiores, situación que ha provocado esa disminución en los valores de fuerza explosiva de piernas.

Con estos resultados se pueden llevar a cabo planes de entrenamientos específicos aplicados a las intervenciones operativas de carácter militar en situaciones de estrés. Debido a los altos niveles de lactato sanguíneo mostrados en esta prueba, la realización de trabajos de tolerancia láctica o de aclaración de lactato mejoraría el rendimiento de los sujetos, posibilitando una mejor actuación en este tipo de situaciones específicas de combate.

Los datos de fatiga del sistema nervioso central obtenidos ponen de manifiesto la necesidad de perfeccionar los sistemas de entrenamiento de gestión del estrés, para permitir disminuir los valores de fatiga del SNC, con entrenamientos específicos para una mejor actuación en las actuales situaciones de combate. Además, nos inducen a pensar en la importancia del entrenamiento psicológico y la capacidad para poder gestionar el estrés, abriéndose la posibilidad de cuantificar la carga de la fatiga del sistema nervioso central y contrastarla con el rendimiento del combatiente. Estos parámetros podrían estar relacionados con el efecto túnel y el tiempo de decisión y reacción en una situación de combate cuerpo a cuerpo, factores que serían interesantes de analizar en futuras investigaciones.

Bibliografía

Braganca, E.: «La evolución de fuegos conjuntos», en *Military Review*, julio-agosto, 2004, pp. 51-55.

Calvo, J. L.: «¿Qué ha fallado en Iraq?», en *Revista Ejército* 766, 2005, pp. 16-21.

Clemente, V.; Muñoz, V. y Melús M.: «Fatiga del sistema nervioso después de realizar un test de capacidad de sprints repetidos (RSA) en jugadores de futbol profesionales», en *Arch Med Deporte* 143, 2011, pp. 103-112.

Clemente-Suárez, V.; González, J. y Navarro, F.: «Short-term periodized aerobic training does not attenuate strength capacity or jump performance in middle-aged endurance athletes», en *Acta Physiologica Hungarica* 101(2), 2014, pp. 185-196.

Godefroy, D.; Rousseu, C.; Vercruyssen, F.; Cremieux, J. y Brisswalter, J.: «Influence of physical exercise on perceptual response in aerobically trained subjects», en *Percept Mot Skills*, 2002, 94:68-70.

Lester, M.; Knapikt, J.; Catrambone, D.; Antczak, A.; Sharp, M.; Burrel, L. y Darakhy, S.: «Effect of a 13-month deployment to Iraq on physical fitness and body composition», en *Military Medicine*, 2010, 176(6):417-423.

Li, Z.; Jiao, K.; Chen, M. y Wang, C.: «Reducing the effects of driving fatigue with magnitopuncture stimulation», en *Accident Analysis and Prevention*, 2004, 36:501-505.

Luengo, E.; López, J. A. y Villar, A.: «La adaptación cardiovascular a la marcha prolongada», en *Medicina Military*, 1987, 43(5):468-472.

Martens, R.; Vealey, R. y Burton, D.: «Competitive anxiety in sport», en *Champaign: Human kinetics*, 1990, pp. 342-345.

Metz, S.: «Asimetría estratégica», en *Military Review*, mayo-junio, 2002, pp. 64-73.

Nindl, B.; Castellani, J.; Young, A.; Patton, J.; Khosravi, M.; Diamandi, A. y Montain, S.: «Differential responses of IGF-I molecular complexes to military operational field training», en *Journal of Applied Physiology*, 2003, 95:1083-1089.

Ricciardi, R.; Deuster, P. y Talbot, L.: «Effect of gender and body adiposity on physiological responses to physical work while wearing bocy armor», en *Military Medicine*, 2007, 172(7):743-748.

Rintamäki, H.; Oksa, J.; Rissanen, S.; Mäkinen, T.; Kyröläinen, H.; Keskinen, O.; Kauranen, K. y Peitso, A.: «Physical Activity during a 12 Days Military Field Training in Winter and the Effects on Muscular and Cardiorespiratory Fitness», en *Strategies to Maintain Combat Readiness during Extended Deployments – A Human Systems Approach*, Meeting Proceedings RTO-MP-HFM-124, paper 18, Neuilly-sur-Seine: RTO, 2005, pp. 18-1, 18-6.

Sandín, B.: «El estrés: un análisis basado en el papel de los factores sociales», en *Internacional Journal of Clinical and Health Psychology*, 2003, 3(1):141-157.

Sjödin, B. y Jacobs, I.: «Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance», en *International Journal of Sports Medicine*, 1981, 2:23-26.

NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL ENTRENAMIENTO PARA AMBIENTES EXTREMOS

Cte. D. José Juan Robles Pérez
Cuartel General de Fuerzas Ligeras

En este ámbito del conocimiento, no están determinados los niveles de adaptación psico-fisiológica específicos del personal operativo ante los diversos estímulos. Este conocimiento es de gran utilidad para poder controlar las variables que modulan las reacciones en el ser humano, ya que controlando dichas variables se podría optimizar el rendimiento del ser humano en general y se podría incidir en qué parte del sistema perceptivo reactivo se produce un hipotético retraso en la reacción a nivel psicológico o fisiológico.

Las aplicaciones son numerosas, destacando con carácter general la mejora de los sistemas de entrenamiento perceptivo reactivos de corta duración. Esto permitiría la mejora de los sistemas de entrenamiento en todas las áreas laborales que requieren de esta preparación específica. Figura 11.



Figura 11: Ejercicio de Simulación

Sería de gran utilidad la mejora en el entrenamiento sobre grupos musculares estabilizadores de sistemas articulares, produciendo una disminución en el grado de lesiones por falta de propiocepción, lo que permitiría mejorar el rendimiento de los sistemas de recuperación de lesiones.

Por último, conociendo el funcionamiento del rango de las respuestas fisiológicas específicas en función del grado del desgaste del sistema nervioso central, se permitirá la evaluación de la capacidad cognitiva y de asunción de estrés del individuo en función del grado de desgaste de la actividad cortical, como ha sido demostrado por diversas investigaciones como Attias *et al.* (1996) o Clemente y Robles (2012c).

En el campo de los deportes, y más concretamente de los deportes de combate, la necesidad de investigar el componente psico-fisiológico tiene numerosas justificaciones por la implicación en el entrenamiento y en el ámbito técnico-táctico (Nalda, 2008; Oliva *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2011).

Conocer los mecanismos implicados en el proceso de entrenamiento ante un estímulo, del que depende el éxito del rendimiento, permitiría diseñar sistemas de entrenamiento y evaluar su rendimiento, midiendo así la ganancia del mismo y evaluando hasta qué punto se pueden alcanzar mayores cotas de rendimiento, optimizando el esfuerzo invertido en esta capacidad.

Por otro lado, conociendo cómo actúa el sistema perceptivo en situaciones operativas específicas, se podrían modificar gestualmente los elementos técnicos para hacerlos más eficientes, modificando y complementando los planteamientos técnico-tácticos (Clemente y Robles, 2012) (figura 12).



Figura 12: Explicación ante el público del Ejercicio de Simulación.

Otra de las necesidades, en el ámbito deportivo y especialmente en el de la defensa personal, es el conocimiento de si existe transferencia en los entrenamientos, en qué grado y si se puede mejorar, entrenando estímulos generales que posteriormente puedan ser adaptados a las diferentes situaciones con alto grado de incertidumbre (Robles *et al.*, 2012).

Por último, otra de las aplicaciones y necesidades en el conocimiento de los parámetros de entrenamiento específicos es su aplicación a los programas de selección de personal y cómo se podría entrenar específicamente, en función de los distintos puestos tácticos para optimizar el rendimiento de los deportistas de forma específica e inespecífica.

La importancia de la mejora de los sistemas de entrenamiento en las situaciones perceptivo-reactivas de corta duración es evidente: conociendo hasta qué punto se puede mejorar esta capacidad, lo que permite realizar entrenamientos más eficientes y en las etapas deportivas más adecuadas para su mejora en función de la edad (figura 13).

METODOLOGIA	MEDIA	RENDIMIENTO
F-V	489 s	65 %
V-F	398 s	76.3 %

Figura 13: Mejora en la metodología del entrenamiento.

La capacidad de mejora, en función de la especificidad del área entrenada y del tiempo en adquirir y optimizar el proceso, permite ajustar los sistemas de entrenamiento y periodizarlos incluyéndolos en los programas de entrenamiento.

Esta mejora en el proceso no solo es aplicable a los sistemas de lucha sino que también es aplicable a disciplinas dispares como el pilotaje de aeronaves o en el ámbito militar con el entrenamiento de tiro de combate, de pilotos de combate o paracaidismo, en los que una reacción tardía podría causar graves consecuencias (figura 14).

Una importante área de investigación es la detección de preíndices. Esta es específica de la actividad física concreta, pero tiene una gran importancia porque permite detectar y conocer el estímulo potencialmente peligroso. Conociendo los preíndices, se pueden buscar y diseñar ejercicios con estímulos específicos para la mejora del tiempo de reacción, aunque en el ámbito de los

deportes de combate no se ha estudiado, en deportes como el fútbol sí ha sido estudiado por Núñez (2006). También permite la mejora de los entrenamientos psicológicos y tácticos de visualización centrados en la detección de dichos preíndices (figura 15).



Figura 14: Ejercicio de Simulación.

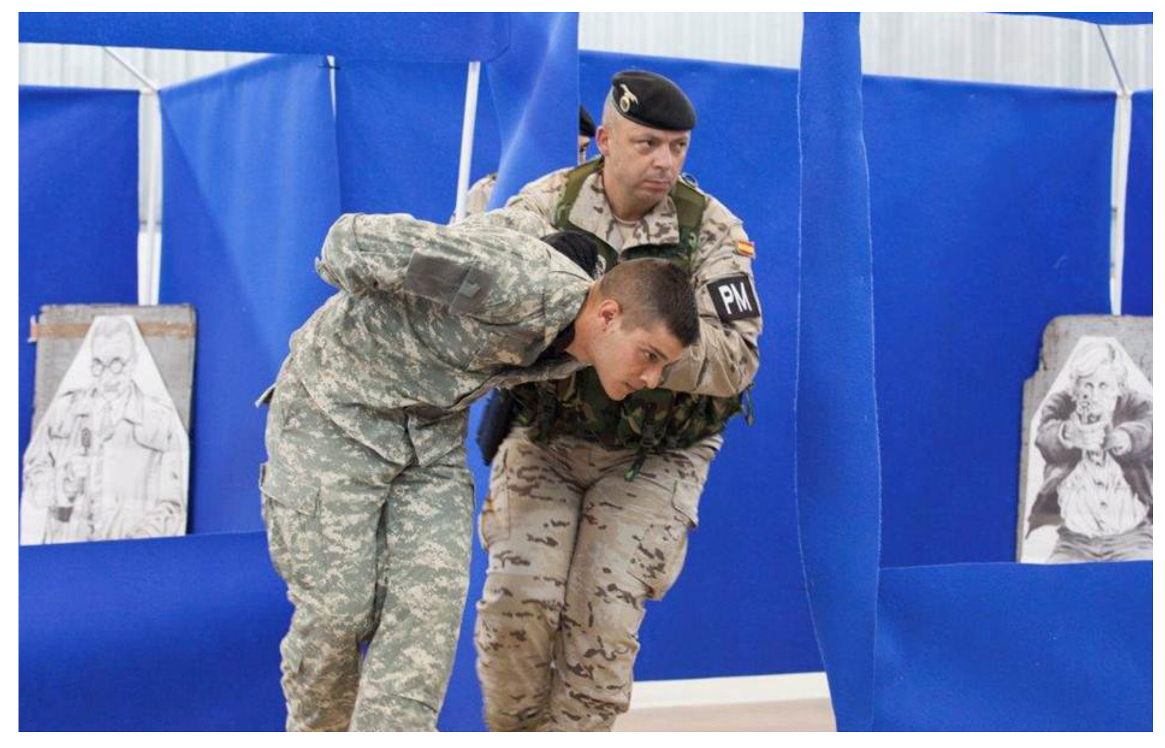


Figura 15: Ejercicio de Simulación.

Otra aplicación se centra en el análisis de las técnicas de ataque para evitar las acciones físicas que son fácilmente detectables por el oponente, lo que permite ocultar la acción propia hasta que esta fuera inevitable por el adversario. Esta necesidad de ocultar la técnica ha sido indicada desde el punto de vista técnico por numerosos autores, si bien no estudiando y especificando los preíndices del movimiento (Alba, 1994; Nalda, 2002; Mayoral, 1996; Capetillo, 2010).

La decisión en situaciones en las que la reacción se debe desencadenar en el menor tiempo posible es de gran importancia en el deporte en general y en la preparación para el combate en particular, de ahí la necesidad de optimizar esta cualidad (Thiess *et al.*, 2004).

La primera premisa de estos estudios es analizar si las habilidades específicas son entrenables, contrastando los resultados con los ya señalados anteriormente. La detección de claves que permiten determinar la respuesta motora, a partir de variables fisiológicas, resulta de vital importancia, pudiendo estructurar si es entrenable, en qué medida y cómo, analizando además si existen relaciones de transferencia entre el estímulo específico que elicita la respuesta, y los inespecíficos con los que se trabaja.

En combate cuerpo a cuerpo la reacción es uno de los principales factores para alcanzar la supervivencia. Esta depende de décimas de segundo y optimizar sus procesos de entrenamiento es fundamental.

La importancia de la reacción es crítica, como se deriva de los estudios de supervivencia realizados por Lafond (2001) y Hubner (1984), en los que sobre 1.305 actos violentos con arma blanca y 567 actos violentos con arma de fuego, el 83% y el 75% de los mismos respectivamente se desarrollaron en menos de un minuto. También resultó de especial importancia que el 63% y el 39% respectivamente se desarrollaron en menos de 10 segundos, lo que da una idea de la importancia de la reacción (figura 16).

DISTANCIA	14m	7m	3m	2m	1m
SUPERVIVENCIA	100%	100%	96%	84%	3%

Figura 16: Grado de supervivencia frente a un oponente armado en función de la distancia.

El entrenamiento eficaz para la resolución de las situaciones de defensa personal es de gran importancia y se debe basar en los procesos instintivos que han dado la supervivencia al ser humano como indican Plee y Fujita (2000).

Por otro lado, uno de los aspectos que resulta de vital importancia para la defensa personal es el estudio de la adaptación de los estímulos de transferencia, ya que es muy difícil entrenar a un sujeto ante la gran diversidad de ataques tipo que se puede encontrar en una situación real. Por ello, es necesario entrenar sobre unos estímulos específicos de base que nos permitan actuar posteriormente frente a otros, que siendo similares puedan suponer una variante del estímulo específico entrenado (figura 17).



Figura 17: Ejercicio de Simulación.

En el ámbito militar, el entrenamiento y la toma de decisiones en situaciones estresantes es fundamental en los actuales teatros de operaciones de guerra asimétrica en los que el enemigo puede acechar en cualquier situación impredecible. Esta formación es de gran importancia para evitar las bajas tanto en las situaciones de tiro (Hubner, 1984), como en las situaciones de combate cuerpo a cuerpo (Robles, 2007; Alba y Robles, 2012), o en la formación para pilotos de combate y de helicópteros en zona de operaciones (Van Erp *et al.*, 2007). Para todos ellos, una demora en la reacción, o una mala reacción, puede resultar fatal como han estudiado Bardera *et al.* (2004) (figura 18).

Por otro lado, el entrenamiento también es de gran importancia a la hora de evaluar el grado de operatividad de las fuerzas en situaciones estresantes como describen Attias *et al.* (1996), Caldwell *et al.* (2004), o Clemente y Robles (2012b).



Figura 18: Ejercicio de Simulación.

Por último, no se podría olvidar el interés, en el seno de las Fuerzas Armadas, por los deportes militares, los cuales se fundamentan en los mismos principios, estudios y valores que el resto de los deportes; compartiendo el mismo interés que sus homólogos civiles por el entrenamiento como por los diversos deportes acogidos al CISM «Conseil International du Sport Militaire», como el judo, la lucha, el taekwondo, el atletismo, el pentatlón militar, el pentatlón aeronáutico, etc. (Robles, 2007).

Entrenamiento en pilotos de combate

El estudio de la preparación de los pilotos de combate siempre ha tenido desde sus inicios una gran importancia. Desde la preparación de los pilotos de la primera guerra mundial, pasando por la segunda guerra mundial y Vietnam hasta la actualidad. Primero con aparatos de ala fija y posteriormente incorporándose las aeronaves de ala rotatoria. El motivo no es otro que optimizar la preparación del individuo que maneja un sofisticado sistema de armas, de muy alto coste y sobre el cual tendrá que tomar decisiones en muy corto plazo de tiempo, que pueden suponer la pérdida del aparato o incluso la de su vida. Por ello ha sido siempre una inquietud constante su preparación física y en especial la mejora de su capacidad de reacción. Prueba inequívoca de ello es que actualmente en

el deporte estrella del Ejército del Aire, el pentatlón aeronáutico, una de las cinco pruebas es una competición de esgrima como sistema de mejora de la decisión técnico-táctica y la mejora de su nivel atencional (figura 19).



Figura 19: Sistemas de instrucción de pilotos de combate.

Sun *et al.* (2006) estudiaron los sistemas de apoyo a la decisión avanzada de inteligencia en cazas de combate, buscando sistemas que permitieran predecir con precisión la postura de los pilotos de combate enemigos para facilitar la decisión. En esta misma línea Van Erp *et al.* (2007) estudiaron a 9 pilotos de combate sometidos a un ejercicio de interceptación de 32 objetivos aéreos. Mediante sistemas de apoyo al piloto y de decisión, obtuvieron una mejora en los tiempos de reacción disminuyendo el tiempo medio de 1.458 ms a 1.245 ms, afirmando la capacidad de mejora de los pilotos en este ámbito.

En una línea similar Bardera *et al.* (2004) analizan el proceso de selección de pilotos en la Armada española para incrementar los parámetros de supervivencia aumentando la seguridad, dado que el personal ineficaz puede suponer muchas pérdidas económicas. Otra de las líneas de investigación ha sido la creación de sistemas de simulación de combate aéreo, en esta línea Jones *et al.* (1999) estudiaron los programas de simulación en misiones tipo del Ejército

de los EE. UU. Por su parte, Madery (2007) estudia la incidencia en los pilotos de la fuerza aérea de la pérdida de capacidades físicas y el número de accidentes aéreos en simulador de vuelo. En sus resultados se destaca la necesidad de pasar el reconocimiento anual, y del entrenamiento de gafas de visión nocturna y del simulador para disminuir el riesgo de accidente. Este postulado es reforzado por Orui (2011) estudiando a los pilotos de la fuerza aérea japonesa con electromiografía, en los pilotos de entre 40 y 50 años y su pérdida de capacidad para un óptimo pilotaje. Figura 20.



Figura 20: Preparando el Ejercicio de Simulación.

McClernon (2011) estudió a 30 sujetos sin experiencia de vuelo dividiéndolos en un grupo experimental y otro de control y sometiéndolos a un programa de instrucción aérea, bajo un moderado estrés físico al grupo experimental; constatando que los alumnos que fueron sometidos a estrés obtuvieron mejores rendimientos que el grupo de control. También vinculan al estrés la subida de una media de 5 pulsaciones por minuto Carchietti *et al.* (2011), mediante el estudio 162 vuelos de tripulaciones italianas de helicópteros de emergencia, determinando la importancia del control del estrés para evitar la pérdida de capacidades del personal.

Por otro lado Jones *et al.* (2012) determinan la automatización de los procedimientos y su importancia en vuelos de entrenamiento de 48 horas en los EE. UU. Estudio que refuerza la investigación de Caldwell *et al.* (2004), quienes estudiaron tras 25 horas sin dormir, la pérdida de capacidad de reacción, de

capacidades cognitivas, de habilidades de vuelo, el desgaste del sistema nervioso central y la pérdida de tranquilidad por parte de los pilotos de F-117A en las fuerzas aéreas.

Entrenamiento en el tiro de combate

Otra de las líneas de investigación en el seno de las Fuerzas Armadas es la incidencia del entrenamiento en el tiro de combate. En los actuales teatros de operaciones existe una gran cantidad de estímulos estresantes para el combatiente. En ellos predomina el combate asimétrico y sin un enemigo definido, ocultándose este a menudo entre la población civil e intentando sorprender a la fuerza mediante ataques repentinos y violentos. Figura 21.



Figura 21: Ejercicio de Simulación.

Por ello es necesario optimizar la respuesta de las fuerzas en estas circunstancias. Este aspecto se pone de manifiesto en la doctrina de la OTAN, en el combate en zonas urbanas como subrayan Helmus y Glenn (2005). Este paradigma está escasamente estudiado desde el punto de vista científico, no así desde la praxis, donde supone un importante esfuerzo de instrucción para todos los Ejércitos del mundo, ya sea mediante simuladores de tiro visuales, sistemas de monitorización de tiro, sistemas de tiro con carros de combate, sistemas de

tiro tipo MAILS de doble acción o con los tradicionales ejercicios de tiro de precisión y de combate con armas individuales o colectivas.

En este ámbito la instrucción puede suponer la vida o la muerte para el militar o el agente de policía. Según Hubner (1984), 264 agentes murieron en EE. UU. en las 567 acciones de fuego registradas en su estudio y en un 30,7% de las acciones el tiempo que tuvo el agente para reaccionar fue inferior a 5 segundos. Figura 22.



Figura 22: Sistemas de instrucción de Tiro de Combate.

Por otro lado también se ha investigado la incidencia de vídeos de simulación para la respuesta del combatiente como el estudio realizado por Kloger (2003) midiendo a 12 soldados de la Policía Militar en un ejercicio simulado con M16, en el que se introdujo el M16A2 como elemento de identificación para evitar el fuego propio, no encontrando mejoras en la discriminación de los soldados.

Otro estudio es el realizado por Tikuisis *et al.* (2004), sobre la incidencia de la ingesta de cafeína y el deterioro del rendimiento en el tiro en función del desgaste físico, por la degradación del sueño en 20 soldados. Encontrando que la ingesta de cafeína ayuda a mejorar el tiro pero no las variables fisiológicas.

Pero teniendo una preocupante incidencia de mayor tasa de fuego amigo con dicha ingesta, sobre el ejercicio de fuego compuesto por 15 objetivos enemigos y 5 amigos a una distancia de 200 m, con sistema de entrenamiento acústico. Determinando que tras un tiempo de reacción de base de 3,03 segundos tras la instrucción continuada de 22 horas este se veía aumentado hasta 3,29 segundos, pero mediante la ingesta de cafeína no se daba pérdida significativa del tiempo de reacción obteniéndose un valor medio de 3,04 segundos. Lo que apoya al estudio de Johnson *et al.* (1996) según Tikuisis *et al.* (2004), quienes obtuvieron valores de 1,29 segundos para el grupo de ingesta de cafeína frente al grupo de control con 1,48 segundos de tiempo de tiro. Figura 23.



Figura 23: Saludo tras el Ejercicio de Simulación.

En las estrategias visuales de los tiradores, Ripoll *et al.* (1985) grabaron la mirada de cinco tiradores de pistola de nivel internacional comparándolos con tiradores cercanos a la élite. Sobre unos blancos de 200 puntos, los tiradores de élite realizaron 200 puntos de los 200 posibles, frente a los tiradores cercanos a la élite que realizaron un promedio de 193 sobre 200 puntos. Descubriendo que el control de la detección de la mirada en los tiradores cercanos a la élite era distinto del control de la mirada de los tiradores expertos. Los primeros realizaban miradas hacia el arma en su elevación para finalmente alinear arma y blanco, mientras que los tiradores expertos únicamente miraban el blanco y en la alineación del arma con el blanco detenían la elevación para realizar la acción de fuego. Figura 24.



Figura 24: Elementos estresantes en situación de combate.

En el estudio realizado por Janelle *et al.* (2000) con sistemas Noptel ST-2000, con objetivos a 50 metros, los tiradores demostraron una progresiva neutralización de la actividad cerebral en el hemisferio izquierdo antes de la presión del disparador. Esta actividad fue encontrada tanto en los tiradores de élite como en los intermedios, pero en el caso de los primeros esta capacidad de estabilidad podía ser alargada hasta 11 segundos mientras que para los tiradores no de élite alcanzaba como máximo los 7 segundos.

Bibliografía

Alba, C.: *Jiu-Jitsu, la herencia de los Samurais*, Madrid: Esteban Sanz, 1994.

Alba, C.: *Cuadernos de Budo, Jiu Jitsu infantil*, Barcelona: Alas, 2012.

Antúnez, A.; García, M. M.; Argudo, F. M.; Ruiz, E. y Arias, J. L.: «Repercusión de un programa de entrenamiento perceptivo motor sobre la eficacia en competición de la portera de balonmano, según el tipo de lanzamiento», en *Revista de Ciencias del Deporte* 6(3), 2012, pp. 124-140.

Arnau-Gras, J.; Mena, M. J. y Beltrán, F.: «Diferenciación hemisférica, estilos cognitivos y procesamiento de la información visual», en *Psicothema* 4, 1992, pp. 237-252.

Attias, J.; Bleich, A.; Furman, V. y Zinger, Y.: «Event-related potentials in post-traumatic stress disorder of combat origin», en *Biological Psychiatry* 40, 1996, pp. 373-381.

Bardera, P.; Gallardo, P.; Chacártegui, A.; Martínez, I. y Sieiro, J.: «Una experiencia en la selección de pilotos aéreos», en *Revista de Psicología del Trabajo y de las organizaciones* 20, 2004, pp. 249-261.

Benyamini, Y. y Solomon, Z.: «Combat stress reactions, posttraumatic stress disorder, cumulative life stress, and physical health among Israeli veterans twenty years after exposure to combat», en *Social Science & Medicine* 61, 2005, pp. 1.267-1.277.

Bernia, J.: *Tiempo de reacción y procesos psicológicos*, Valencia: Nau Llibres, 1981.

Bernstein, N.: *The co-ordination and regulation of movements*, Oxford: Pergamon Press, 1967.

Bootsma, R. y Wiering, P. van: «Timing an attacking forehand drive in table tennis», en *Journal of Experimental Psychology* 16(1), 1990, pp. 21-29.

Caldwell, J.; Caldwell, J. L.; Brown, D. y Smith, J.: «The Effects of 37 Hours of Continuous Wakefulness On the Physiological Arousal, Cognitive performance, Self-reported Mood, and Simulator Flight Performance of F-117A Pilots», en *Military Psychology* 16, 2004, pp. 163-181.

Capetillo, M.: *Kumite, Entrenamiento*, Barcelona: Alas, 2010.

Carazo, P.; Ballestero, C. y Araya, G.: «Funcionamiento cognitivo y físico en adultas mayores que participan en un programa de Taekwondo», en *Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud* 2(1), 2002, pp. 1-13.

Carchietti, E.; Valent, F.; Cecchi, A. y Rammer, R.: «Influence of Stressors on HEMS Crewmembers in Flight», en *Air Medical Journal*, 2011, pp. 270-275.

Clemente, V. J. y Robles, J. J.: «Respuesta orgánica en una simulación de combate», en *Sanidad Militar* 68(2), 2012, pp. 97-100.

Clemente, V. J. y Robles, J. J.: *Respuesta Psico-fisiológica en diferentes situaciones de combate*, Saarbrucken: Académica Española, 2012.

Cohen, E.: «Timing in Karate and the body in its own right», en *Social Analysis Berghahn Journals*, 2007, pp. 1-22.

Combat Stress, Washington D. C.: U.S. Marine Corps, 2000.

De la Vega, R.: *Desarrollo de metaconocimiento táctico y comprensión del juego: un enfoque constructivista aplicado al fútbol*, tesis doctoral sin publicar, Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2003.

De la Vega, R.; Almeida, M.; Ruiz, R.; Miranda, M. y Valle, S. del: «Entrenamiento atencional aplicado en condiciones de fatiga en fútbol», en *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* 11(42), 2011, pp. 384-406.

Falcó, M. C.: *Estudio sobre parámetros mecánicos y distancia de golpeo de bandal chagui de Taekwondo*, tesis doctoral sin publicar, Valencia: Universidad de Valencia, 2009.

García, J.; Navarro, F.; González, J. y Calvo, B.: «Paradigmas experto-novato: Análisis diferencial de la pérdida de consistencia del Tokui Waza en Judo bajo situación específica de fátiga», en *International Journal of Sport Science* 9, 2007, pp. 11-28.

González, M.: «Alternativa metodológica de entrenamiento perceptivo visual para favorecer la eficacia motriz defensiva en boxeadores escolares de 13-14 años», en *Acción motriz*, 2011, pp. 48-61.

Granda, J.; Barbero, J. C.; Mingorance, A.; Reyes, M. T.; Hinojo, D. y Mohamed, N.: «Análisis de las capacidades perceptivas en jugadores y jugadoras de baloncesto de 13 años», en *Revista Internacional de Ciencias del Deporte* 2, 2006, pp. 15-32.

Gratch, J. y Marsella, S.: «Fight the Way you Train: The Role and Limits of Emotions in Training for Combat», en *The Brown Journal of World Affairs*, 2003, pp. 63-72.

Haynes, J. y Rees, G.: «Predicting the orientation of invisible stimuli from activity in human primary visual cortex», en *Nature Neuroscience* 8, 2005, pp. 686-691.

Haynes, J. y Rees, G.: «Decoding mental states from brain activity in humans», en *Nature Reviews Neuroscience* 7, 2006, pp. 523-534.

Haynes, J.; Sakai, K.; Rees, G.; Gilbert, S.; Frith, C. y Passingham, R.: «Reading Hidden Intentions in the Human Brain», en *Current Biology* 17(4), 2007, pp. 323-328.

Helmus, T. y Glenn, R.: *Steeling the Mind, Combat Stress reactions and Their Implications for Urban Warfare*, Santa Mónica: Rand Corporation, 2005.

Hübner, S.: *Tiros de combate y defensa personal*, Ripollet: ADS, 1984.

Hung, J.; Feng, Y. y Chen, S.: «La Influencia de la Velocidad de la Pelota y la Iluminación de la Cancha sobre el Tiempo de Reacción para Realizar una Volea en Tenis», en *Journal of Sports Science and Medicine*, 2010, pp. 56-91.

Janelle, C.; Hillma, C.; Apparies, R.; Murray, N.; Fallon, E. *et al.*: «Expertise differences in cortical activation and gaze behavior during rifle shooting», en *Journal of Sport and Exercise Psychology* 22(2), 2000, pp. 167-182.

Jing, X.; Wu, P.; Liu, F.; Wu, B. y Miao, D.: «Guided imagery, anxiety, heart rate, and heart rate variability during centrifuge training», en *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 82(2), 2011, pp. 92-96.

Johnson, S.; Gormley, T.; Kessler, S.; Mott, C.; Patterson-Hine, A.; Reichard, K. y Schandura, P.: *System health management: with aerospace applications*, West Sussex: Wiley, 2011.

Jones, R.; Laird, J.; Nielsen, P.; Coulter, J.; Kenny, P. y Koss, F.: «Automated Intelligent Pilots for Combat Flight Simulation», en *AI Magazine* 20(1), 2012, pp. 27-41.

Kogler, T.: *The Effects of Degraded Vision and Automatic Combat Identification Reliability on Infantry Friendly Fire Engagements*, Blacksburg: State University of Virginia, 2003.

LaFond, J.: *The Logic of Steel, A Fighter's View of Blade and Shank Encounters*, Boulder: Paladin Press, 2001.

López, E.: *El tocado con fondo en la esgrima de alto nivel. Estudio biomecánico del fondo en competición. El golpe recto clásico*, tesis doctoral sin publicar, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2008.

Martínez, O.; López, E.; Sillero, M. y Saucedo, F.: «La toma de decisión en tareas de entrenamiento de la esgrima y su relación con el tiempo de reacción», en *Revista de Ciencias del Deporte* 7, 2011, pp. 3-12.

Matheu-Kia, A. M.; Fan, L.; Kreek, M.; Simon, E. y Miller, J.: «Opioid receptor populations are differentially altered in distinct areas of postmortem brains of Alzheimer´s disease patients», en *Brain research*, 2001, pp. 121-134.

Mathieu-Kia, A. M.; Pages, C. y Besson, M.: «Inductibility of c.Fos protein in visuo-motor system and limbic structures after acute and repeat administration of nicotine in the rat», en *Synapse* 29 (4), 1998, pp. 343-354.

Mayoral, F.: *Karate Do Shito-Ryu*, Madrid: Multideporte Libros, 1996.

McClernon, C.; McCauley, M.; O'Connor, P. y Warm, J. S.: «Stress training improves performance during a stressful flight», en *The Journal of human factors and ergonomics* 53(3), 2011, pp. 207-218.

McLean, P.: *The triune brain, emotion and scientific bias*, Nueva York: Schmitt, 1970.

McLean, P.: *The triune brain evolution*, Nueva York: Plenum press, 1990.

Nalda, J.: *Artes marciales, escuela de vida*, Barcelona: Alas, 1998.

Nalda, J.: *Enciclopedia del Aikido, aprender a enseñar*, t. 3.°, Barcelona: Alas, 2002.

Núñez, F.: *Efectos de la aplicación de un sistema automatizado de proyección de preíndice en la mejora de la efectividad del lanzamiento de penalti en fútbol*, tesis doctoral sin publicar, Granada: Universidad de Granada, 2006.

Oehsen, E.: «Ein Beitrag zur Erforschung der Reaktionszeit-Mechanismen im Karatekampf», en *Sportwissenschaft* 17, 1987, pp. 71-82.

Ohrui, N.; Hisada, T.; Tsujimoto, T.; Shinto, E.; Sakurai, Y. y Fukushima, K.: «Decadal electrocardiographic changes between age 40 and 50 in military pilots», en *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 82(9), 2011, pp. 904-908.

Oliva, A.; Torres, F. y Navarro, J.: *Combate Supremo*, Tarragona: Club Karate Musoken, 2002.

Plee, H. y Fujita, S.: *El arte sublime y último de los puntos vitales*, Noisy-sur-École: Budo editions, 2000.

Ripoll, H.; Kerlirzin, Y.; Stein, J. y Reine, G.: «Analysis of information processing, decision making, and visual strategies in complex problem solving sport situations», en *Human Movement Science* 14, 1995, pp. 325-349.

Robles, J.: *Defensa Personal*, Toledo: Escuela Central de Educación Física, 2007.

Robles, J.; Alba, C. y Lumbreras, V.: *Publicación doctrinal de combate cuerpo a cuerpo e intervención no letal*, Toledo: Mando de Doctrina, Ejército de Tierra español, 2010.

Robles, J.; Alba, C.; Lumbreras, V. y Duce, J.: *Manual de instrucción de combate cuerpo a cuerpo e intervención no letal*, Toledo: Mando de Doctrina, Ejército de Tierra español, 2012.

Roselló, J. y Munar, E.: «Resolviendo el puzzle de la atención visual: ¿hacia la desintegración del homúnculo?», en *Psicothema* 16(1), 2004, pp. 64-69.

Styers, J.: *Cold Steel, tecnique of close combat*, Denver: Paladin Press, 1952.

Sun, T.; Tsai, S.; Lee, Y.; Yang, S. y Ting, S.: «The Study on Intelligent Advanced Fighter Air Combat Decision Support System», en *IEEExplore*, 2006, pp. 39-44.

Thiess, G.; Tschiene, P. y Nickel, H.: *Teoría y metodología de la competición deportiva*, Barcelona: Paidotribo, 2004.

Tikuisis, P.; Keefe, A.; McLellan, T. y Kamimori, G.: «Caffeine Restores Engagement Speed But Not Shooting Precision Following 22h. of Activa Wakefulness», en *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 75, 2004, pp. 771-776.

Van Erp, J.; Eriksson, L.; Levin, B.; Carlander, O.; Veltman, J. A. y Vos, W. K.: «Tactile Cueing Effects on Performance in Simulated Aerial Combat with High Acceleration», en *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 78, 2007, pp. 1.128-1.134.

Vickers, J.: *Perception, Cognition, and Decision Training: The Quiet Eye in Action*, Champaign: Human Kinetics, 2007.

Williams, L. y Walmsley, A.: «Response amendment in fencing: differences between elite and novice subjects», en *Perceptual and Motor Skills*, 2007, pp. 131-142.

Yandell, K. y Spriduso, W.: «Sex and Athletic Status as Factors y Reaction Latency and Movement Time», en *Research Quarterly for Exercise and Sport* 9, 1981, pp. 495-504.

Yu, S.; Jiang, K.; Zhou, W.; Qiu, Y.; Gu, G. y Meng, C.: «Effect of occupational stress on ambulatory blood pressure», en *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi* 27(12), 2009, pp. 711-715.

LA PRIVACIÓN DE SUEÑO Y SU EFECTO EN PERSONAS SANAS. APLICACIÓN EN PROFESIONES DE AMBIENTES EXTREMOS

Ana Teijeira Azcona
Unidad de Sueño. Servicio de Neurofisiología Clínica. Complejo Hospitalario de Toledo

El sueño y su ritmo

Pasamos aproximadamente un tercio de nuestra vida durmiendo. El sueño es una función vital, necesaria para que el ser humano pueda presentar un rendimiento cognitivo y funcional normal.

Existen diversas definiciones sobre el sueño. Una de ellas que resume muy bien la complejidad del mismo es la de Onen (2001), que lo define como una función fisiológica, vital y rítmica, responsable de garantizar la armonía entre las exigencias biológicas internas, endocrinas y metabólicas, con el medio externo.

Otra definición más práctica desde el punto de vista estratégico es la que da el Walter Reed Army Institute of Research, donde define el sueño como la necesidad biológica fundamental para mantener las habilidades mentales óptimas para el éxito en la batalla (WRAIR, 2007).

A nivel neurofisiológico el sueño se divide en una serie de fases, sueño superficial (sueño N1 y N2 según la Sociedad Americana del Sueño, AASM), sueño profundo (N3 o fases 3 y 4) y sueño REM. Una persona adulta normal realiza unos 4-5 ciclos de sueño nocturnos. Cada ciclo va a constar de fases superficiales, profundas y REM.

Durante las distintas fases de sueño, el ser humano experimenta una serie de variaciones fisiológicas autonómicas, en la temperatura, cardíacas, respiratorias, hormonales e incluso presenta un incremento del metabolismo cerebral, cuestión que puede parecer paradójica dada la aparente situación de reposo o inactividad frente a la vigilia.

La mejor manera de estudiar el sueño y sus trastornos es a través de los estudios neurofisiológicos, siendo el más característico de todos la polisomnografía nocturna, en el cual se analizan una serie de variables fisiológicas durante el sueño, siendo las más importantes la actividad cerebral o electroencefalograma (EEG), las variables respiratorias y cardíacas, la actividad muscular y la actividad conductual a lo largo de la noche (AASM, 2007). Figuras 25 y 26.

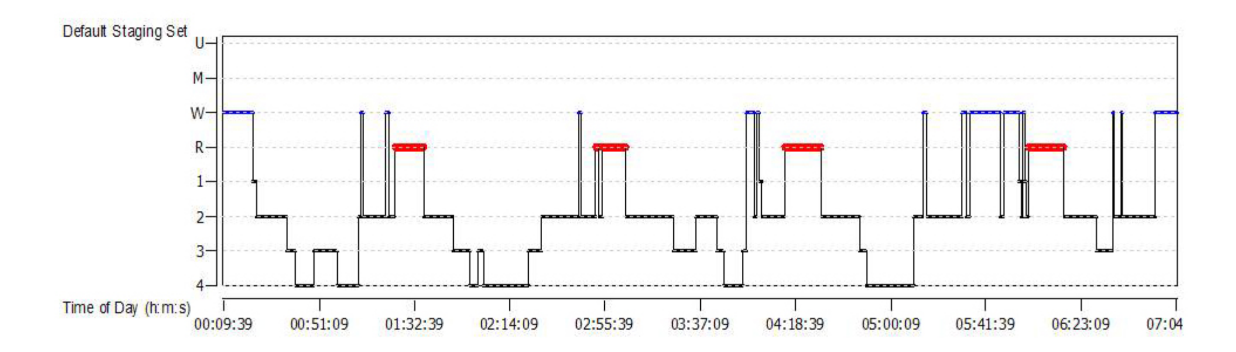


Figura 25: Hipnograma. Representación gráfica de las distintas fases del sueño en una mujer de 25 años, sin trastornos del sueño.(A. Teijeira Azcona, AE. Díaz Jiménez. 2013).

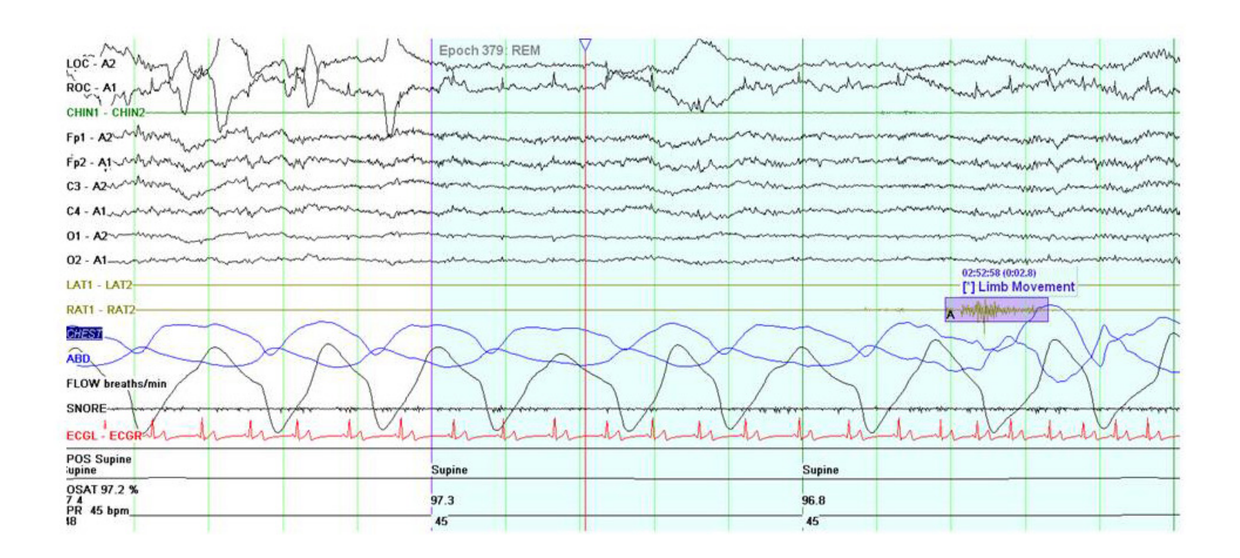


Figura 26: Polisomnografía nocturna. Fase REM de sueño (A. Teijeira Azcona, AE. Díaz Jiménez. 2014).

A modo de resumen, el sueño en el ser humano presenta un ritmo endógeno llamado ritmo circadiano que se encuentra regulado fundamentalmente por el núcleo supraquiasmático del hipotálamo. Tiene una regulación compleja entre mecanismos endógenos, procesos de homeostasis y factores ambientales como la actividad física, cognitiva o la luz.

Si bien los mecanismos acerca de la regulación sueño-vigilia no se conocen completamente a día de hoy, sí que se sabe que existen múltiples neurotransmisores cerebrales que van a favorecer una situación u otra en el ser humano. El más importante en el sueño es el GABA, el inhibidor fundamental en el SNC.

La luz es el factor ambiental más importante como regulador externo del sueño, ya que entre otros aspectos se encuentra íntimamente relacionada con la

liberación de melatonina, una hormona que realiza una serie de funciones en el ser humano, siendo fundamental en el mecanismo de inducción del sueño. Se secreta las primeras horas de la noche según el nivel de luz externa que presente el ambiente.

Privación de sueño

Para hablar sobre la privación de sueño y sus efectos, es importante en primer lugar comprender el significado del sueño óptimo en el ser humano. Si bien no existe una definición consensuada al respecto, sí que existe el concepto de «sueño suficiente», que es la duración habitual del sueño de la persona en ausencia de deuda de sueño. La deuda de sueño supone las horas perdidas irrecuperables del mismo, que van a provocar déficits cognitivos o físicos en la vigilia (Thorpy, 2011).

Las exigencias de sueño suficiente varían según la edad, siendo necesario un elevado número de horas durante la lactancia, y disminuyendo conforme nos hacemos adultos. Los adolescentes y jóvenes van a precisar 1,25 horas más que los adultos (Carskadon, 2002). Existe la aceptación universal de 8 horas como sueño suficiente en el adulto sano (Anch, 1988). Afinando un poco más, hay estudios que dicen que un horario de 8,17 horas en el adulto no generaría deuda de sueño (Wehr, 1993).

Existen excepciones a la regla como pueden ser los llamados dormidores cortos o largos, que precisan menos o más horas de sueño para no generar deuda del mismo.

El mantenimiento de un sueño suficiente es fundamental para el correcto rendimiento cognitivo y físico del ser humano, particularmente en aquellas profesiones que exigen un elevado rendimiento y una rápida capacidad de reacción, tales como sanitarios, militares en combate, fuerzas del orden y salvamento, conductores profesionales, pilotos, etc.

La privación de sueño es una entidad clínica reconocida en la Clasificación Internacional de Enfermedades como «síndrome de sueño insuficiente». La experimentación con ella ha sido la que ha permitido conocer mejor la fisiología del sueño. Las primeras investigaciones sobre la misma datan del año 1894 y las realizó Manaceine en animales. Patrick y Gilbert en 1896 las iniciaron en humanos. Uno de los mayores investigadores al respecto ha sido Nathaniel Kleitman, desde la década de los años 20-30, cuyos hallazgos científicos siguen vigentes a día de hoy en lo que respecta al impacto psicológico y fisiológico de la privación de sueño en el ser humano adulto. La segunda mitad del siglo XX han sido los años dorados de investigación, con grandes figuras como Borbély, Tobler, Jovanovic, Koella…

La mayoría de los trabajos se han realizado con una estructura similar, estudiando una serie de variables (neurofisiológicas, cognitivas y de rendimiento en general) los días previos a la privación, durante la privación y tras la misma para valorar el tiempo de recuperación.

La privación de sueño puede considerarse de dos tipos:

Privación total de sueño (TSD: *Total Sleep Deprivation*): supone el bloqueo completo y agudo de horas de sueño.

Privación parcial de sueño (CSR: *Chronic Sleep Restriction*): guarda más relación con el efecto crónico de la deuda de sueño en el ser humano.

La mayoría de los estudios realizados al respecto analizan el efecto de la privación total de sueño, dado que el mantener a un sujeto de manera crónica con una deuda de sueño ronda el límite de lo no ético, dadas las consecuencias que puede generar en su rendimiento personal y laboral de manera mantenida.

Privación total de sueño y sus efectos

La privación aguda de horas de sueño puede dividirse en: la habitual, de hasta 40 horas o la prolongada, que a su vez se subdivide en discreta (41-72 horas), moderadamente prolongada (73-120 horas) y extrema (>120 horas con un máximo registrado de 264 horas) (Jovanovic, 1991).

En los estudios realizados al respecto, se han encontrado distintos efectos en el ser humano.

Efectos en la conducta:

Son los más evidentes para el ojo humano, sobre todo la somnolencia, que va a ser el síntoma más consistente para valorar una privación total de sueño.

La hipersomnia o excesiva somnolencia diurna supone la facilidad para presentar sueño durante la vigilia o el exceso de horas de sueño (Ohayon, 2011).

La hipersomnia mantenida se estudia habitualmente en las unidades de sueño de dos modos:

De manera subjetiva mediante test autoaplicables que miden la somnolencia. Es habitual el test de somnolencia de Epworth (Johns, 1991), si bien se pueden utilizar otros como la escala de Stanford. Además, se puede valorar subjetivamente por medio de una agenda de sueño, donde el paciente podrá reflejar las horas de sueño diarias y si presenta o no somnolencia u otros síntomas. Figura 27.

Unidad de patología del sueño. Servicio de Neurofisiología Clínica

ESCALA DE SOMNOLENCIA DE EPWORTH

Probabilidad para quedarse dormido/amodorrado en las siguientes situaciones cotidianas:

SITUACIÓN	NUNCA	ALGUNA VEZ	CON FRECUENCIA	SIEMPRE
Sentado y leyendo	0	1	2	3
Viendo la TV	0	1	2	3
Sentado, inactivo en lugar público (reunión, teatro, cine)	0	1	2	3
De pasajero en un coche durante 1 hora	0	1	2	3
Echado al mediodía para reposar cuando las circunstancias se lo permiten	0	1	2	3
Sentado y hablando con alguien	0	1	2	3
Sentado tranquilamente después de una comida sin alcohol	0	1	2	3
En el coche, durante una breve parada del trafico	0	1	2	3

TOTAL....................................

Revisado por: Dra. A. Teijeira Azcona

Figura 27: Escala de Epworth en español que habitualmente se aplica en nuestra Unidad de Sueño (A. Teijeira Azcona).

De manera objetiva a través de pruebas neurofisiológicas, donde la más importante es el Test de Latencias Múltiples del Sueño, donde al paciente se le da la oportunidad de realizar una serie de siestas en un horario determinado a lo largo de la mañana, monitorizando su actividad cerebral, tras la realización de una polisomnografía nocturna la noche previa (Littner, 2005) (figura 28).

También se pueden utilizar otras pruebas para medir de manera indirecta la hipersomnia, como el test del mantenimiento de la vigilia o la actigrafía, un acelerómetro que habitualmente se coloca en la muñeca no dominante del sujeto y valora el movimiento del mismo, mostrando así posibles patrones de sueño.

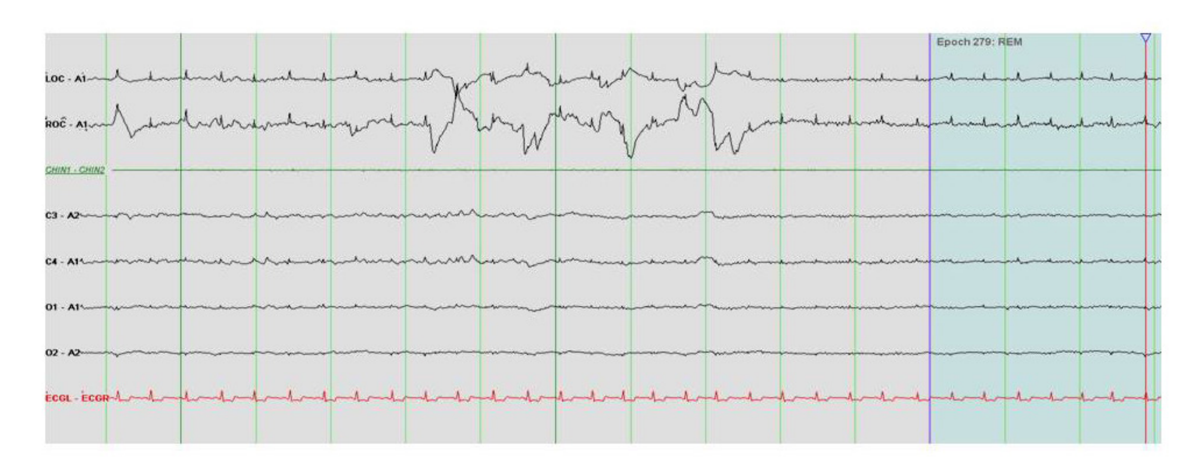


Figura 28: Test de Latencias múltiples del sueño en varón de 23 años con síndrome de Narolepsia-Cataplejia. Sueño REM durante la siesta (habitualmente patológico). (imagen cedida por A. Teijeira Azcona y J. Teijeira Alvarez).

La manera más sencilla y barata de valorar la somnolencia en un sujeto privado de sueño es a través de la observación de su conducta.

Los efectos en la conducta se aprecian de manera más clara cuantas más horas mantenidas se prive al sujeto del sueño. Durante la primera noche de privación completa de sueño, un adulto sano no va a presentar niveles preocupantes de somnolencia realizando tareas cotidianas. Existe un incremento evidente de la misma entre las 3-6 a. m. que se acompaña de una molesta sensación de picor en los ojos.

En la segunda noche de privación completa (48 horas), el sujeto va a experimentar la necesidad de realizar actividad muscular mantenida para mantener la vigilia. A la sensación de picor de ojos se le suma una molesta sensación de escozor que cede únicamente al cerrar los ojos, y los niveles de somnolencia no permiten realizar actividades pasivas tales como leer o estudiar.

A partir de las 60 horas de privación completa de sueño se objetivan mínimos accesos de sueño incontrolables a lo largo del día. Entre ellos, el sujeto puede continuar realizando sus tareas.

A partir del tercer día, el sujeto va a precisar realizar movimientos constantes para mantener la vigilia, que suelen ser lentos, torpes y monótonos. Existe una clara lentitud psicomotora y una hipersensibilidad a estímulos auditivos.

Entre el cuarto y el quinto día, se experimentan entradas de vigilia al sueño inmediatas de unos 30'', incluso cuando el sujeto se encuentra paseando, con amnesia retrógrada (Jovanovic, 1991).

Efectos psicopatológicos:

Los cambios en el estado del ánimo en un sujeto privado de sueño son variables, y van a depender de la edad, integridad física del sujeto, condiciones ambientales en el momento de la privación y, sobre todo, de la salud mental y estabilidad emocional de la persona en cuestión.

A partir de las primeras 48 horas de privación se va a objetivar un incremento en la irritabilidad-irascibilidad del sujeto.

En la privación de sueño prolongada, se han documentado síntomas psiquiátricos graves tales como alucinaciones visuales y auditivas, episodios de despersonalización y brotes psicóticos. Todos estos síntomas se incrementan en intensidad y tardan más tiempo en desaparecer si el sujeto se encuentra expuesto a ambientes extremos tal y como se ha objetivado en estudios en militares (Tyler, 1955).

Efectos en el rendimiento cognitivo:

Los efectos de la privación en el rendimiento se han valorado en distintos estudios a través de test psicométricos, de cálculo aritmético, valorando tiempos de reacción (visual, acústica y múltiple), realizando cálculos de habilidad mental, aplicando test de memoria, etc.

Fundamentalmente lo que se ha encontrado ha sido la existencia de un deterioro para tareas que exigen un rendimiento cognitivo prolongado.

A partir de las 21 horas de privación total de sueño se han encontrado significativos fallos en test de aprendizaje y déficits que pueden suponer un peligro potencial para tareas como la conducción.

Cambios en distintas variables fisiológicas:

Neurofisiológicos:

Estudiando la actividad bioeléctrica cerebral gracias al electroencefalograma (EEG), en privaciones prolongadas se han objetivado cambios en los ritmos cerebrales de vigilia, con una desestructuración de los mismos y un incremento de actividades lentas, anómalas en sujetos adultos sanos en condiciones normales (Williams, 1962) (figura 29).

Neurológicos:

En privaciones prolongadas (5 días) se han encontrado hallazgos patológicos en la exploración neurológica tales como nistagmo horizontal, temblor fino en extremidades, hiperreflexia generalizada y disminución del umbral del dolor.

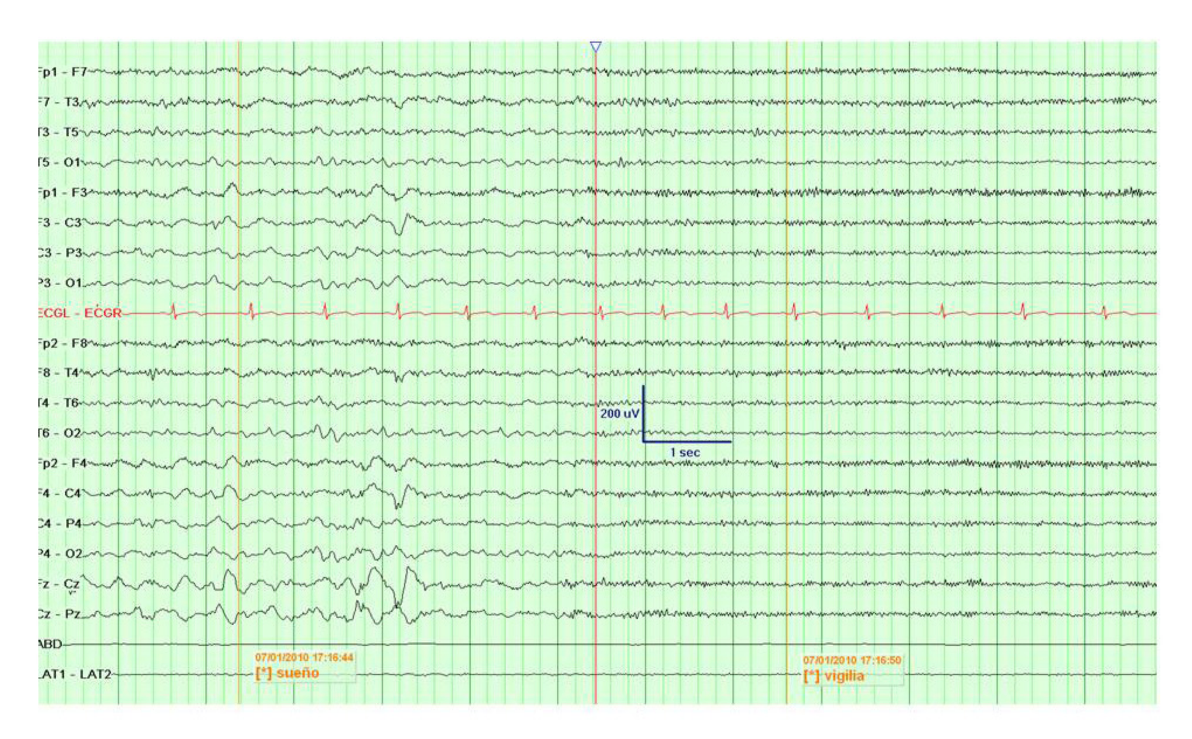


Figura 29: Electroencefalograma (EEG) tras privación completa de sueño 33 horas. Fases de sueño intercaladas en la vigilia. (imagen cedida por el Dr. J. Teijeira Alvarez).

Autonómicos y otros:

Existen mínimos cambios respiratorios en personas sanas, pero en personas con trastornos del sueño respiratorios como el Síndrome de Apneas Obstructivas del Sueño (SAOS), se ha encontrado un incremento en las apneas nocturnas así como en la hipoxemia que ocurre durante las mismas.

Es ampliamente conocido que existe una disminución en la temperatura corporal de hasta 0,4° durante una privación de sueño.

Rendimiento físico:

Una privación completa de 24 horas no provoca habitualmente cambios significativos en el rendimiento físico, salvo en la obtención del pico del rendimiento máximo adquirido en una situación normal previa.

A partir de las 48 horas de privación, existe un decremento de aproximadamente el 5% en el rendimiento cardiovascular, que genera tras ello una respuesta del mismo que puede ser incluso superior a la habitual.

Cambios bioquímicos, hematológicos y en el sistema inmune:

Algunos estudios han encontrado un discreto incremento de hormonas tiroideas en la privación de sueño, probablemente porque existe un mayor requerimiento energético. Las hormonas reguladas por el ritmo circadiano pueden verse alteradas también en una privación de sueño.

Se han encontrado también cambios en el metabolismo de la glucosa y un incremento de sustancias proinflamatorias.

Se han estudiado posibles aspectos para poder bloquear los efectos de la privación total de sueño (Bonnet):

Actividad física: se ha observado que presenta un mínimo beneficio en los cortos periodos de tiempo en los que se realiza la misma.

Luz brillante: la administración de luz brillante en las primeras horas de la noche inhibe la melatonina y provoca un retraso de fase en el ritmo circadiano. Se recomienda estar en ambientes luminosos para mantenerse despierto.

Temperatura: bajas temperaturas mantenidas en el tiempo favorecen la somnolencia por lo que deben evitarse.

Interés y motivación: realizar tareas que puedan resultar interesantes para el sujeto como por ejemplo videojuegos o juegos de cartas se ha visto que han sido beneficiosas para el bloqueo de la somnolencia pero se ha encontrado mayor efecto aún motivando al sujeto.

Sustancias estimulantes/fármacos: los fármacos psicoestimulantes como las anfetaminas y sus derivados han demostrado efectos significativos en el ánimo, rendimiento y nivel de alerta (Killgore, 2009). La cafeína a dosis de 300 mg a medianoche ha demostrado un incremento del nivel de alerta en el Test de Latencias Múltiples del Sueño, y una mejoría en el rendimiento durante 6 horas. Si además se aplica una dosis extra de unos 150 mg a primera hora de la mañana, se alarga el rendimiento del sujeto. El beneficio ha sido comparable a realizar una siesta previa a la privación de unas 3-4 horas.

Si bien todas estas medidas pueden mejorar o bloquear parte de los síntomas de una privación completa de sueño, la única que va a favorecer la recuperación completa del sujeto va a ser el sueño. Existe variabilidad interindividual para la recuperación, pero fundamentalmente dependerá de la duración y continuidad en el sueño tras la privación (Bonnet, 1987).

Se han observado cambios en la arquitectura del sueño durante la recuperación tras una privación, fundamentalmente un incremento del sueño profundo y del sueño REM, un incremento de la frecuencia cardíaca y respiratoria durante el mismo, así como un mayor número de mioclonías del sueño.

Privación parcial o crónica de sueño y sus efectos

La restricción crónica de sueño es muy frecuente en la sociedad actual. Existe una tendencia general en el adulto trabajador a prescindir de horas suficientes de sueño, ya sea por demandas personales, sociales o familiares, por enfermedades propias o ajenas, o por exigencias laborales como la turnicidad laboral.

En general, se considera que dormir menos de 7 horas nocturnas de manera mantenida puede provocar déficits cognitivos, alteraciones del humor e incluso ciertos niveles de somnolencia. Existen algunos estudios que teorizan acerca de una posible adaptación a un horario restrictivo de sueño pero hasta ahora solo han demostrado que el sujeto puede adaptarse a los niveles de somnolencia, no a los déficits cognitivos (van Dongen, 2003).

La incidencia de este trastorno se desconoce, si bien un estudio de Kripke realizado en EE. UU. ha encontrado una prevalencia donde un 20% de adultos sanos duermen menos de 6,5 horas/noche (Kripke, 2002).

La mayoría de los estudios realizados para valorar los efectos de la restricción crónica de sueño presentan una estructura similar. Dividen a los sujetos en varios grupos, donde en uno de ellos realizan una privación completa de sueño, en otro restringen el sueño a 4 o a 6 horas nocturnas y en otro grupo permiten 8 horas nocturnas durante dos semanas. Tras ello realizan una comparación entre todos.

Se han encontrado déficits cognitivos y conductuales similares en los sujetos privados de sueño 24-48 horas seguidas frente al grupo de sujetos con una restricción mantenida de 4 horas de sueño. El ratio de deterioro es inversamente proporcional a la duración del sueño (van Dongen, 2003).

Estos hallazgos han planteado una serie de hipótesis para valorar qué es peor, presentar un mayor número de horas mantenidas en vigilia (una privación completa de sueño) o el número de horas perdidas de sueño (en una restricción crónica se perderán más horas que en una privación aguda de, por ejemplo, 48 horas). Actualmente hay varias teorías al respecto, aunque varios autores refieren que parece ser lógico que los efectos de la privación son combinados, no solo por perder horas de sueño para realizar un correcto ciclo circadiano, sino porque también un exceso de horas de vigilia podría favorecer una especie de «extenuación cerebral» que favorezca el agotamiento (van Dongen, 2003).

En la privación crónica de sueño sí que se han encontrado cambios fisiopatológicos a largo plazo, demostrando que existe mayor riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y un incremento de la mortalidad si el sueño es menor de 6,5 horas/noche (Kripke, 2002) (Ayas, 2003).

Existen además cambios hormonales con incremento del cortisol, se ha encontrado un retraso en la liberación de la melatonina y hay cambios en el sistema grelina-leptina, con un incremento en la grelina, hormona orexígena que puede justificar la tendencia de estos sujetos a desarrollar un síndrome metabólico o un exceso de peso (Spiegel, 2003).

Estudios de privación de sueño realizados en condiciones especiales

Gran parte de los estudios realizados que nos han permitido conocer los efectos de la privación aguda y crónica de sueño en el ser humano se han realizado en personal militar, que además de verse sometido a cambios y restricciones en el horario de sueño, presentan condiciones extremas ambientales y de estrés en determinadas maniobras, cuestión que ha permitido valorar la privación en un contexto hostil.

En estos estudios se busca lo que llaman «efectividad militar», que definen como la habilidad para realizar las actividades requeridas para conseguir satisfactoriamente los objetivos de una misión. Fundamentalmente se quiere determinar la naturaleza de los déficits provocados por la pérdida de sueño, cuantificar la relación entre somnolencia y rendimiento y se valora cómo mantener el rendimiento en sujetos con excesiva somnolencia (Balkin, 2008; Rajaraman, 2009; Wesensten, 2005).

Actualmente, el Walter Reed Army Institute of Research, instituto de investigación dependiente del Ministerio de Defensa de EE. UU., está realizando múltiples estudios en relación a este tema, aplicando un sistema con tres variables fundamentales: actigrafía, un algoritmo matemático que denominan SAFTE y que se compone del análisis del sueño, la actividad, la fatiga y la efectividad, y el uso de medidas farmacológicas para bloquear el efecto de la privación (Balkin, 2011).

Se han realizado estudios de privación de sueño en distintas situaciones operacionales como en submarinos, donde se encontró que la media de sueño global era de 6,6 horas/día (Gamboa, 2002; Osborn, 2004). En portaaviones se ha comparado las horas totales de sueño en los sujetos que se mantienen en superficie con mayor luz solar frente a los que se encuentran en zonas más profundas (carentes de luz solar) del mismo, encontrando paradójicamente que duermen más horas estos últimos (7,35 horas) frente a los primeros (4,72 horas) (Ngyuen, 2002).

Se ha valorado la exposición del sujeto a privación de sueño en situaciones extremas de estrés y temperatura como en el estudio de la Navy SEAL Hell Week, valorando el efecto sobre el tiro, y se ha encontrado un incremento del 38% en la distancia al centro de la diana, con un aumento del 235% en la dispersión

de los impactos. Se ha observado además que la administración de 300 mg de cafeína en estos sujetos ha favorecido la rapidez a la hora de apuntar y disparar pero no ha tenido un efecto claro sobre la precisión (Tharion, 2003).

Los efectos de la privación de sueño también se han valorado en batalla como en la Operación *Iraqi Freedom*, donde en una muestra de 273 sujetos se observó que hasta un 83% presentaron síntomas moderados de restricción crónica de sueño y de ellos, un 23% presentaban síntomas evidentes. Se observó además que el realizar una agenda estricta y organizada laboral-sueño favorecía el poder mantener un rendimiento óptimo (Donehey, 2004).

La falta de sueño y sus efectos se han estudiado en otras situaciones extremas, como por ejemplo en los alpinistas y montañeros a elevada altura (Nussbaumer-Ochsner, 2011).

El propio Walter Reed Army Institute of Research recomienda un manual donde se presentan una serie de medidas para favorecer el correcto descanso así como para mantener el rendimiento en condiciones de privación de sueño, medidas que habitualmente se recomiendan en las unidades de sueño médicas.

Es importante recordar que para que exista un sueño reparador y suficiente deben favorecerse 8 horas de sueño nocturno diarias, con un horario óptimo entre las 23-07 horas. Se debe procurar, en situaciones de *jet lag*, acoplarse lo antes posible al horario de la zona de destino. El sueño diurno debe evitarse salvo que las horas nocturnas no sean suficientes, realizando entonces una siesta reparadora en un ambiente favorable. Debe evitarse el uso de sustancias estimulantes las 4-6 horas previas a acostarse salvo que se precise por condiciones de alerta.

Ante la sospecha de un sujeto privado de sueño con problemas en el rendimiento, se debe observar su conducta para valorar si presenta somnolencia, y se recomienda realizar una pregunta sencilla sobre cuántas horas durmió las 24 horas pasadas o cuándo fue la última vez que durmió y cuánto (*Combat and Operational stress control. Manual for leaders and soldiers*, Washington D. C.: Headquarters Department of the Army, 18 de marzo de 2009).

Una privación de sueño prolongada en el ámbito militar, dadas las consecuencias que puede tener a nivel de eficiencia, desde el punto de vista del adversario puede ser un elemento táctico a considerar tal como la privación de alimento, agua o munición, por lo que hay que recordar la importancia del correcto descanso para poder presentar un rendimiento cognitivo y físico óptimos.

«Pretending to be superhuman is very dangerous. In a well-led military, the self-maintenance of the commander, the interests of his or her country, and the good of the troops are incommensurable only when the enemy succeeds

in making them so. It is time to critically reexamine our love affair with stoic self-denial, starting with the service academies. If an adversary can turn our commanders into sleepwalking zombies, from a moral point of view the adversary has done nothing fundamentally different than destroying supplies of food, water, or ammunition. Such could be the outcome, despite our best efforts to counter it. But we must stop doing it to ourselves and handing the enemy a dangerous and unearned advantage» (Shay, 1998).

Bibliografía

American Academy of Sleep Medicine: *The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events*, Westchester: American Academy of Sleep Medicine, 2007.

Anch, A. M.; Browman, C. P.; Mitler, M. y Walsh, J. K.: *Sleep: A Scientific Perspective*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc., 1988.

Ayas, N. T.; White, D. P. y Manson, J. E.: «A prospective study of sleep duration and coronary heart disease in women», en *Arch Intern Med*, 2003, 163:205-209.

Balkin, T. J.; Rupp, T.; Picchioni, D.; Wesensten, N. J. *et al.*: «Sleep loss and sleepiness: current issues», en *Chest*, 2008, 134:653-60.

Balkin, T. J.: «Sleepiness in the military: operational implications and research imperatives», en Thorpy, M. J. y Billiard, M.: *Sleepiness. Causes, consequences and treatment*, Nueva York: Cambridge University Press, 2011.

Bonnet, M. H.: «Sleep deprivation», en Kryger, M.; Roth, T. y Dement, W. C. (eds.): *Principles and practice of sleep medicine*, 2.ª ed., Filadelfia: WB Saunders, 1994,pp. 50-68.

Bonnet, M. H.: «Sleep restoration as a function of periodic awakening, movement, or electroencephalographic change», en *Sleep*, 1987, 10:364-373.

Carskadon, M. A.: «Factors influencing sleep patterns in adolescents», en Carskadon, M. A.: *Adolescent sleep patterns: Biological, social and psychological influences*, Cambridge Univ. Press, 2002.

Combat and Operational stress control. Manual for leaders and soldiers, Washington D. C.: Headquarters Department of the Army, 18 de marzo de 2009.

Donehey, S. W.: «Sleep logistics as a force multiplier: An analysis of reported fatigue factors from Southwest Asia Warfighters», en Lewis, N. *et al.*: *The role of Sleep in Military; Implications for Training and Operational Effectiveness*, Monterey: Department of Operations Research, Naval Postgraduated School, 2011.

Dinges, D. F. *et al.*: «Chronic sleep deprivation», en Kryger, M. H. *et al.*: *Principles and Practice of Sleep medicine*, Saunders Elsevier, 2005.

Gamboa, D. S.: «An analysis of the effects of environment and career longevity on the sleep patterns of enlisted U.S. Navy submariners», en Lewis, N. *et al.*: *The role of Sleep in Military; Implications for Training and Operational Effectiveness*, Monterey: Department of Operations Research, Naval Postgraduated School, 2011.

Johns, M. W.: «A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale», en *Sleep*, 1991, 14:540-45.

Jovanovic, U. J.: «General considerations of sleep and sleep deprivation», en Degen, R. y Rodin, E. A.: *Epilepsy, Sleep and Sleep Deprivation*, 2.ª ed., Elsevier science publishers, 1991.

Killgore, W.; Kahn-Greene, E. T.; Grugle, N. L.; Killgore, D. B. y Balkin, T. J.: «Sustaining executive functiones during sleep deprivation: a comparison of Caffeine, Dextroamphetamine and Modafinil», *Sleep*, 2009, 32(2):205-216.

Kripke, D. F.; Garfinkel, L.; Wingard, D. L. *et al.*: «Mortality associated with sleep duration and insomnia», en *Arch Gen Psychiatry*, 2002, 59:131-136.

Littner, M. R. *et al.*: «Practice Parameters for Clinical Use of the Multiple Sleep Latency Test and the Maintenance of Wakefulness Test», en *Sleep*, 2005, 28(1):113-121.

Nussbaumer-Ochsner, M. D.; Ursprung, J.; Siebenmann, C.; Maggiorini, M. y Bloch, K. E.: «Effect of Short-Term Acclimatization to High Altitude on Sleep and Nocturnal Breathing», en *Sleep*, 2012, 35(3):419-423.

Nguyen, J. L.: «The effects of reversing sleep-wake cycles on sleep and fatigue on the crew of USS John C. Stennis», en Lewis, N. *et al.*: *The role of Sleep in Military; Implications for Training and Operational Effectiveness*, Monterey: Department of Operations Research, Naval Postgraduated School, 2011.

Ohayon, M. M.: «Epidemiology of excessive sleepiness», en Thorpy, M. J. y Billiard, M.: *Sleepiness. Causes, consequences and treatment*, Nueva York: Cambridge University Press, 2011.

Osborn, C. M.: «An analysis of the effectiveness of a new watchstanding Schedule for U.S. submarines», en Lewis, N. *et al.*: *The role of Sleep in Military; Implications for Training and Operational Effectiveness*, Monterey: Department of Operations Research, Naval Postgraduated School, 2011.

Rajaraman, S.; Gribok, A. V.; Wesensten, N. J. *et al.*: «An improved methodology for individualized performance prediction of sleep-deprived individuals with the two process model», en *Sleep*, 2009, 32:1.377-92.

Shay, J.: «Ethical standing for commander self-care: The need for sleep Parameters», en *Sleep*, 1998, 28(2):93-105.

Spiegel, K.; Leproult, R.; Tasali, E. *et al.*: «Sleep curtailment results in decreased leptin levels and increased hunger and appetite», en *Sleep*, 2003, 26:A174.

Tharion, W. J.; Shukitt-Hale, B. y Lieberman, H. R.: «Caffeine effects on marksmanship during high-stress military training with 72 hour sleep deprivation», en *Aviat Space Environ Med*, 2003, 74(4):309-14.

Tyler, D. B.: «Psychological changes during experimental sleep deprivation», en *Dis Nerv Syst*, 1955, 16:293-299.

Van Dongen, H. P. A.; Maislin, G.; Mullington, J. M. *et al.*: «The cumulative cost of additional wakefulness: Dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation», en *Sleep*, 2003, 26:117-126.

Wher, T. A. y Moul, D. E.; Barbato, G. *et al.*: «Conservation of photoperiod-responsive mechanisms in humans», en *Am J Physiol*, 1993, 265: R846-R857.

Wesensten, N. J.; Killgore, W. D. y Balkin, T. J.: «Performance and alertness effects of caffeine, dextroamphetamine, and modafinil during sleep deprivation», en *J Sleep Res*, 2005, 14:255-66.

Williams, H. l.; Hammack, J. T.; Daly, R. L. *et al.*: «Responses to auditory stimulation, sleep loss and the EEG stages of sleep», en *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 1964, 16:269-79.

ENTRENAMIENTO PARA EL VUELO NOCTURNO Y CON DISPOSITIVOS DE VISIÓN NOCTURNA

Cte. Médico Beatriz Puente Espada
Centro de Instrucción de Medicina Aeroespacial

Tanto pilotos como tripulantes aéreos, en mayor o menor medida están expuestos profesionalmente a varios riesgos significativos: unos derivados de desarrollar su actividad en altitud (hipoxia hipóxica, disbarismos, etc.) y otros riesgos tales como el estrés térmico, los vuelos nocturnos, las operaciones sostenidas y lo que en alguna ocasión se ha denominado «estrés aerodinámico» (altas aceleraciones, desorientación espacial, empleo para el vuelo de dispositivos intensificadores de imagen, etc.).

El conocimiento de las limitaciones fisiológicas del ser humano expuesto a estas condiciones, así como el entrenamiento real y en simuladores son factores determinantes de la seguridad aérea, dado que permiten reconocer rápidamente los riesgos y actuar sobre ellos, eliminándolos o al menos minimizando sus consecuencias.

Las Fuerzas Armadas españolas conceden la importancia que este hecho merece y proporcionan desde hace años el «entrenamiento aeromédico» que precisan las tripulaciones, en función de las condiciones en las que realizan sus misiones. Y así se recoge en la normativa nacional de carácter militar: Orden Ministerial n.° 23/2011 de 27 de abril (BOD n.° 88 de 6 de mayo de 2011) en el capítulo VII, sobre entrenamiento aeromédico; así como en la internacional: STANAG n.° 3114 («Aeromedical Training of Flight Personnel»), entre otras.

Las principales prácticas de entrenamiento aeromédico incluyen:

- Altitud: hipoxia hipobárica y disbarismos
- Desorientación espacial
- Altas aceleraciones
- Visión nocturna y visión con dispositivos intensificadores de imágenes

En España, la mayor parte del entrenamiento aeromédico (a excepción del entrenamiento en altas aceleraciones) se lleva a cabo en las instalaciones del Centro de Instrucción de Medicina Aeroespacial (CIMA) en Madrid, perteneciente al Mando de Personal del Ejército del Aire.

Actualmente se contempla el entrenamiento aeromédico en todos los Ejércitos y para todo tipo de tripulaciones con responsabilidad en vuelo: pilotos de caza, transporte y helicóptero; tripulantes operadores de abordo (ingenieros, mecánicos de vuelo, diversos especialistas, rescatadores de las unidades SAR, médicos de vuelo, enfermeros de vuelo, etc.); así como paracaidistas.

Las exigencias fisiológicas difieren según los grupos y misiones encomendadas y es por ello que existe un tratamiento diferente según las mismas.

El entrenamiento que se ha incorporado más recientemente a la normativa es el «Entrenamiento para el vuelo nocturno y con dispositivos de visión nocturna», objeto de esta publicación. Sin embargo, no se puede aislar completamente del resto de entrenamientos, ya que hipoxia y vuelo nocturno simultáneamente actúan incrementando el riesgo, y, por ejemplo, la desorientación espacial es uno de los principales riesgos del vuelo nocturno y del vuelo con dispositivos de visión nocturna.

Características generales del vuelo con dispositivos de visión nocturna

De todos los órganos sensitivos que un piloto utiliza en el vuelo, sus ojos son lo más importante, especialmente hablando de orientación espacial y por tanto, conciencia de situación. Sin embargo, en condiciones de oscuridad la visión encuentra grandes limitaciones.

Para superar esas limitaciones y ampliar la capacidad operativa de las aeronaves en condiciones de baja luminosidad se emplean diferentes tipos de equipos de visión nocturna que son capaces de presentar una imagen al piloto/tripulante:

- Gafas de Visión Nocturna (GVN) o *Night Vision Goggles* (NVG´s)
- Sistemas térmicos *Forward Looking Infrared* (FLIR)

Todos estos sistemas tienen en común la capacidad de presentar una imagen discernible del mundo, cuando el ojo humano no es capaz de hacerlo. Sin embargo, la imagen obtenida nunca será tan buena como la proporcionada por el ojo durante el día, además, cada sistema tiene sus propias peculiaridades y funciona de un modo diferente ante determinadas condiciones.

Las GVN reproducen imágenes mediante la canalización e intensificación de la energía reflejada existente. Es por ello que las GVN no funcionan en ambientes de total oscuridad y por lo que no operan en condiciones óptimas en noches muy oscuras, como las que se dan con cielos cubiertos sin luna.

Ya que los ojos forman imágenes a partir de luz reflejada, podría ser útil comparar el ojo con las GVN. Las principales diferencias entre ambos sistemas (el

humano y el artificial) residen en el hecho de que el ojo solo emplea energía visible (luz), mientras que las GVN emplean tanto luz visible como energía infrarroja cercana. Además, las GVN intensifican artificialmente la energía que reciben.

Capacidades y limitaciones de las GVN

Para que una aeronave sea «compatible GVN», hay que considerar elementos tales como la iluminación de cabina y las luces exteriores.

Las GVN funcionan mejor cuando la iluminación disponible es adecuada, cuando el grado de contraste ambiente no es excesivo y cuando las condiciones ambientales son favorables (por ejemplo, ausencia de luces urbanas o de condiciones meteorológicas adversas).

Asimismo, con la finalidad de obtener el mayor rendimiento posible de las GVN, es de vital importancia hacer un ajuste conveniente de las mismas antes del vuelo.

Es fundamental que los pilotos/tripulantes sean conscientes de las limitaciones inherentes a las GVN. «Las GVN no convierten la noche en día».

Sin ser un listado completo, algunas de las principales limitaciones incluyen:

Características de diseño del sistema: las capacidades ofrecidas por las GVN parecen impresionantes y es frecuente que las tripulaciones que vuelan con ellas durante la noche prefieran no volar más en nocturno sin las mismas. Sin embargo, existe una serie de limitaciones derivadas del diseño de las GVN que es necesario entender si las tripulaciones quieren volar con seguridad. Los puntos siguientes resumen las principales limitaciones derivadas del diseño de las GVN:

- La *agudeza visual reducida*, *así como el campo de visión disponible, y la ausencia de colores* pueden resultar en malinterpretaciones e ilusiones conducentes a desorientación espacial.
- El *peso y la ubicación del centro de gravedad* de las GVN durante el vuelo pueden inducir fatiga tras un uso prolongado.

Condiciones ambientales: las GVN son sistemas electro-ópticos que trabajan siguiendo principios similares a los del ojo. Consecuentemente, presentan diversas limitaciones. Una de ellas es la incapacidad de obtener información útil en ambientes completamente oscuros, como los que se presentan en noches sin luna y con cielos totalmente cubiertos o inmersos en cualquier fenómeno atmosférico desfavorable. Además, debido a los efectos provocados por luces brillantes sobre la imagen GVN, las operaciones en torno a terrenos urbani-

zados pueden verse afectadas negativamente. También se ven afectadas por condiciones meteorológicas.

Consideraciones fisiológicas: existe una serie de consideraciones fisiológicas inherentes a las horas de oscuridad que afectan al funcionamiento con GVN. Entre estas consideraciones se encuentran:

- Los efectos de la *fatiga*.
- El hecho de trabajar *fuera del ciclo circadiano normal* del cuerpo humano.
- Funcionar en *entornos visuales degradados*.
- Todo ello resulta en una *sobrecarga de trabajo* de la tripulación, que cada vez debe estar pendiente de más factores, con el consiguiente riesgo de incrementar las limitaciones fisiológicas del vuelo nocturno, con o sin GVN.

Malas interpretaciones e ilusiones GVN

La mayor parte de las malas interpretaciones e ilusiones que se presentan durante el empleo de GVN son las mismas que las experimentadas durante el día, pero con mayor intensidad y frecuencia debido a las limitaciones expuestas previamente y a algunas otras.

Algunas de las malas interpretaciones e ilusiones más comunes incluyen:

- Errores de estimación de profundidad y distancia
- Mala interpretación del contorno del terreno
- Movimiento ilusorio o no detectado
- Mala interpretación de la actitud de la aeronave
- Condiciones meteorológicas no detectadas

Existen factores que favorecen estos fenómenos:

- **Inexperiencia**. Una instrucción adecuada reduce el problema. No es solo el tiempo de vuelo GVN sino el conocimiento y la exposición a todo tipo de situaciones lo que proporciona la experiencia requerida.
- **Falta de aptitud**. Es fundamental realizar los correspondientes entrenamientos. Falta de aptitud psicofísica (enfermedades intercurrentes, problemas visuales, medicación, etc.).
- **Fatiga**. La fatiga aumenta la sensibilidad a malas interpretaciones e ilusiones. El descanso de las tripulaciones es fundamental para un vuelo GVN seguro y eficaz, especialmente cuando este se realice en zonas desconocidas.
- **Ajuste GVN inadecuado**. Una instrucción adecuada y unos procedimientos de ajuste apropiados maximizan la operación de las GVN.
- **Sobrecarga de trabajo**. Un completo planeamiento e instrucción es de vital importancia. Un planeamiento adecuado tendrá en cuenta la experiencia de las tripulaciones, ayudando a reducir los riesgos potenciales.

Una asignación adecuada de tripulaciones reducirá la carga de trabajo de una manera drástica. La reducción de la carga de trabajo ayuda a que la tripulación esté más alerta a potenciales malas interpretaciones o ilusiones.
- **Planeamiento de la misión**. Un estudio adecuado del terreno y la meteorología disminuye la probabilidad de malinterpretaciones e ilusiones.
- **Estrés**. Este factor varía considerablemente con cada individuo. Sin embargo, se reduce considerablemente si se consideran de algún modo todos los factores anteriores.
- **Fallos en las GVN**. Un buen mantenimiento y una revisión prevuelo adecuada ayudan a disminuir el efecto de este factor, aunque no a eliminarlo.

Entrenamiento en visión nocturna y en visión con dispositivos de visión nocturna (NVD: *Night Vision Devices*)

Este es, como se dijo anteriormente, el más novedoso de los entrenamientos con los que se completa la formación de todos aquellos (pilotos y tripulantes) que inician este tipo de vuelos, especialmente vuelos con gafas de visión nocturna.

De todos los órganos sensitivos que un piloto utiliza en el vuelo, sus ojos son lo más importante, especialmente hablando de orientación espacial y por tanto, conciencia de situación. Sin embargo, en condiciones de oscuridad la visión encuentra grandes limitaciones. Por ello, y por las características especiales del vuelo con GVN descritas previamente, se hace necesaria una instrucción específica, que contemple todo lo descrito, ya que conocer las limitaciones generales ayudará al piloto y a los demás tripulantes a efectuar los vuelos nocturnos (con o sin GVN) con la debida seguridad.

Para comprender dichas limitaciones se sigue el programa de formación establecido en el STANAG n.º 7147: «Aeromedical Aspects Of Night Vision Device (NVD) Training». Este STANAG «Aspectos aeromédicos del entrenamiento con aparatos de visión nocturna» se implanta con fecha 1 de junio de 2008, por Resolución 200/06429/2008 de 31 de marzo (BOD n.º 80 de 23 de abril de 2008, p. 5.451).

El curso se realiza en el laboratorio de entrenamiento en visión nocturna (también llamado «Nite Lab») del CIMA. Este «Nite Lab» es una sala especialmente condicionada, como se ve en la figura 30.

El curso consta de tres fases:

1. Fase teórica: conocimientos generales de fisiología del ojo y visión nocturna. Descripción de sistemas intensificadores de imágenes, funcionamiento, uso y limitaciones. Malas interpretaciones e ilusiones con GVN. Seguridad de vuelo con GVN.

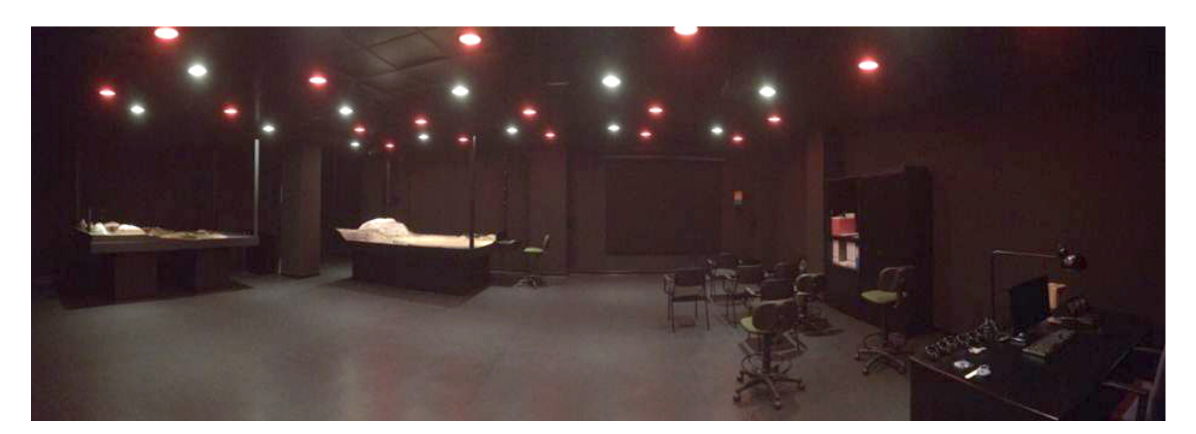


Figura 30: Sala de entrenamiento en visión nocturna "Nite Lab".

2. Fase práctica: colocación, ajuste y enfoque de GVN.
3. Demostraciones de diversos tipos de iluminaciones y en maqueta de terreno (figuras 31 y 32), con diferentes lunas (ángulo e intensidad) e iluminaciones «culturales», compatibles y no compatibles.



Figura 31: Maqueta de terreno.

Cada elemento proporciona un entrenamiento importante, dado que la simulación por ordenador aislada no tiene las ventajas y las amplias posibilidades que ofrecen las imágenes de video de escenarios reales.



Figura 32: Maqueta de terreno durante entrenamiento.

Pero ninguna de ellas ofrece la posibilidad de interacción individual con el terreno que da el entrenamiento con maquetas, donde se pueden variar las condiciones de luminosidad, ángulo de visión, etc.

Este entrenamiento se viene realizando con éxito desde el año 2005 en el CIMA de Madrid, fecha en la que se inauguró el laboratorio de optrónica, como así se denomina el comúnmente conocido como «Nite Lab».

Empleo en aviación civil

Son muchos los operadores civiles que han expresado su interés por su uso, especialmente de GVN:

- Servicios médicos de urgencias. Rescate
- Vigilancia de estaciones y tendidos eléctricos
- Vigilancia aduanera
- Equipos de noticias

En EE. UU., en 1989 el operador *Rocky Mountain Helicopters* (servicio tipo HEMS: *Helicopter Emergency Medical Service*) solicitó a la Federal Aviation Administration (FAA) certificación para uso de NVG. En ese primer intento no fue concedida dicha autorización, pero, tras una serie de cambios y de mejoras, en 1996 fue solicitada de nuevo. Y esta fue finalmente conseguida en enero de 1999, siendo la primera certificación para empleo de GVN por un operador civil.

En España, la entrada en vigor de la normativa EASA (European Aviation Safety Agency) contempla la posibilidad de que operadores civiles soliciten la autorización para los vuelos con dispositivos de visión nocturna. Así lo contempla el Reglamento (UE) n.° 965/2012 de la Comisión de 5 de octubre de 2012 por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos en relación con las operaciones aéreas en virtud del Reglamento (CE) n.° 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo.

En dicho reglamento (subparte H, SPA.NVIS.100) se describen para helicóptero las denominadas operaciones con sistemas de visión nocturna de imágenes: NVIS.

Asimismo, se concretan los requisitos de la tripulación de vuelo para operaciones NVIS (SPA.NVIS.130) con el fin de que los programas de entrenamiento de la tripulación de vuelo mejoren el conocimiento del entorno y los equipos de trabajo NVIS, mejorando así la coordinación de la tripulación, y debiendo incluir medidas para minimizar los riesgos asociados a la entrada en condiciones de baja visibilidad y procedimientos normales y de emergencia NVIS.

Los programas de entrenamiento deberán ser aprobados por la autoridad competente, y es esperable que sigan un esquema similar al propuesto en el STANAG n.° 7147 y en los documentos creados por la RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics) en 2001, cuando la FAA solicitó asesoramiento en 1999 para la certificación de operadores civiles. En aquel momento se creó el Comité: RTCA-SC 196 (Comité especial para desarrollo de los requerimientos para el uso de sistemas de visión nocturna en operaciones civiles), que incluyó representantes del Gobierno, militares, industria, procedentes de Europa y Canadá. Estos documentos son el DO-275 «Minimum Operational Performance Standards for Integrated Night Vision Imaging System Equipment» y DO-295 «Civil Operators' Training Guidelines for Integrated Night Vision Imaging System Equipment». La organización europea European Organization for Civil Aviation Equipment (EUROCAE) armonizó estos documentos, a través del *Working Group* 57, para su aplicación en la normativa europea.

El CIMA dispone de la capacidad para ofrecer dicho entrenamiento, siguiendo las propuestas de la RTCA así como la experiencia acumulada en la última década con las tripulaciones militares.

Bibliografía

DO-275 «Minimum Operational Performance Standards for Integrated Night Vision Imaging System Equipment».

DO-295 «Civil Operators' Training Guidelines for Integrated Night Vision Imaging System Equipment».

Helicopter Night Vision Device (NVD) Manual, 5.ª ed., US Marine Corps, 1998.

Brickner, M. S.: *Helicopter Flights with Night Vision Goggles- Human Factors Aspects*, Moffett Field: Ames Research Center, NASA (National Aeronautics and Space Administration), marzo de 1989.

Night Vision Goggle Training Course, AMST, 2005.

Night Vision Goggle Training Course. Instructor's Guide, USAF.

Night Vision Goggles in Civil Helicopter Operations, Aviation Research Report B2004/0152, Australian Civil Aviation Safety Authority, abril de 2005.

Night vision imaging systems, Civil Aviation Authority of New Zealand Advisory Circular AC 91-13, junio de 2007.

Operaciones Nocturnas de Helicóptero, Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC) del Ejército de Tierra.

Orden Ministerial n.° 23/2011 de 27 de abril (BOD n.° 88 de 6 de mayo de 2011).

Proposed Civil Aviation Order (CAO 82.6) – Use of Night Vision Goggles (NVG) in Helicopter Operations, Australian Civil Aviation Safety Authority, 2007.

Reglamento (UE) n.° 965/2012 de la Comisión de 5 de octubre de 2012 por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos en relación con las operaciones aéreas en virtud del Reglamento (CE) n.° 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo.

Miller, R. E. y Tredici, T. J.: *Night Vision Manual for the Flight Surgeon*, Ophthalmology Branch, Armstrong Laboratory, Human Systems Center (AFMC) Brooks Air Force Base, TX, 1992.

Salazar, G.; Temme, L. y Antonio, J. C.: «Civilian Use of Night Vision Goggles», *Aviat Space Environ Med*, 2003; 74:79-84.

STANAG n.° 3114: «Aeromedical Training of Flight Personnel».

STANAG n.° 7147: «Aeromedical Aspects Of Night Vision Device (NVD) Training».

DEPORTE DE RESISTENCIA EXTREMO: ¿DÓNDE ESTÁN LOS LÍMITES DEL SER HUMANO?

Luis Miguel López Mojares,[1] José Antonio López Calbet[2]
[1] Universidad Europea de Madrid. Ministerio de Defensa (Madrid).
[2] Departamento de Educación Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Instituto Universitario de Investigaciones Biomédicas y Sanitarias de Las Palmas de Gran Canaria.

Las actividades de entrenamiento que desarrollan los infantes de Marina en las playas pueden resultar agradables y divertidas cuando el clima, la alimentación, el descanso nocturno y el nivel de estrés se hallan dentro de los niveles adecuados.

Cuando el ser humano se enfrenta con una actividad que requiere un gran esfuerzo y que se va a realizar durante un largo periodo de tiempo, y se combina con restricciones alimentarias, quizá condicionadas por la carga máxima que puede transportar, mantener la capacidad física necesaria para intervenir con eficacia requiere un entrenamiento muy especial.

Para acometer estos grandes retos es preciso desarrollar simulaciones que remeden las circunstancias reales. Estos ejercicios incluyen normalmente entre cinco y ocho días de actividad física continuada (de 8 a 14, a veces más horas diarias), a intensidades medias generalmente por debajo del 35% del VO_2 máx., con ingestión insuficiente de alimentos y privación de sueño, durante los cuales se permite dormir unas pocas horas diarias (1-3 horas, en la mayoría de las simulaciones) (Alemany *et al.*, 2008; Opstad, 1992; Opstad *et al.*, 1984). El tipo de actividad desarrollado genera un gasto energético que puede estar entre 8.000 y 11.000 kcal diarias.

Usando la curva de utilización de glucógeno, Karlson y Saltin (Karlsson y Saltin, 1971; Saltin y Karlsson, 1972) comprobaron que los maratonianos que cubren la distancia característica de 42 km en unas 2 horas corriendo al 85% de su VO_2 máx. llegan a la meta con los depósitos de glucógeno prácticamente agotados. En triatletas de élite, capaces de cubrir una prueba tipo *Ironman* en 7-8 horas, con una intensidad media de en torno al 50% de su VO_2 máx., suelen disponer de glucógeno para unas 4 o más horas, dependiendo de la intensidad media a la que intenten competir y de que ingieran más o menos hidratos de carbono durante la prueba (Hermansen *et al.*, 1967). En cualquier caso, las reservas musculares de glucógeno son totalmente insuficientes para aportar el gasto energético tan elevado que se puede alcanzar en pruebas de ultraresistencia

o en la preparación de las fuerzas especiales. Cuando el glucógeno muscular está disminuido, la capacidad de resistencia es menor (Bergstrom *et al.*, 1967; Nieman *et al.*, 1987). Ante la escasez de glucógeno, las necesidades energéticas tienen que ser satisfechas por otros sustratos, principalmente por los ácidos grasos. No obstante, el descenso de la capacidad de rendimiento en esfuerzos prolongados tras el ayuno, de por ejemplo 27 horas, no se debe solo a un descenso de los niveles musculares de glucógeno (Nieman *et al.*, 1987).

Cuando el ejercicio abarca varias horas diarias, el gasto energético es muy elevado y puede resultar imposible evitar la entrada en balance energético negativo, es decir, la energía gastada supera a la energía ingerida. Incluso cuando los deportistas ingieren alimento ad líbitum, se ha comprobado que es prácticamente imposible mantener el peso corporal si el esfuerzo supera un nivel de actividad física superior a 5 (el nivel de actividad física se define como el gasto energético total dividido entre el gasto energético en reposo correspondiente a 24 horas) (Westerterp y Plasqui, 2004). En estas circunstancias aumenta la oxidación de grasas, pero también se produce una pérdida de masa muscular que suele representar entre un 10 y un 20% del peso corporal (Alemany *et al.*, 2008; Calbet *et al.*, 2014). Parte de los aminoácidos obtenidos de la propia masa muscular serán utilizados para sintetizar glucosa y mantener los niveles de glucemia (Cahill, 2006), ya que el sistema nervioso central es muy dependiente de ella.

Los efectos producidos por el ejercicio físico continuado con déficit energético severo han sido muy bien caracterizados en una serie de estudios patrocinados por la OTAN y dirigidos por Opstad (2001) (ver: <http://ftp.rta.nato.int/public//PubFulltext/RTO/MP/RTO-MP-042///MP-042-$$ALL.pdf>). En la figura 33, vemos lo que puede ocurrir durante un test de esfuerzo de 30 minutos de duración, en cicloergómetro, realizado al 60% de VO_2 máx., que podría considerarse equivalente a la intensidad media de una etapa del Tour de Francia, en condiciones basales y tras un ejercicio de simulación de combate como el descrito anteriormente, con una importante intensidad de ejercicio, junto con restricciones de sueño y de ingesta calórica. Los sujetos del grupo 2 recibieron 25 g de glucosa intravenosa durante los últimos 20 minutos del ejercicio.

Se observa que el aumento de la presión arterial sistólica y el descenso de la diastólica no parecen variar tras el programa de entrenamiento intensivo.

En un reciente estudio (Calbet *et al.*, 2014) se analizaron los efectos de la ingesta calórica limitada (3,2 kcal/kg de masa corporal), junto con 9 horas de ejercicio de baja intensidad, sobre la composición corporal (por ejemplo cambios regionales en masa grasa y magra diarios); lípidos plasmáticos, glucosa, insulina y leptina, en sujetos con sobrepeso.

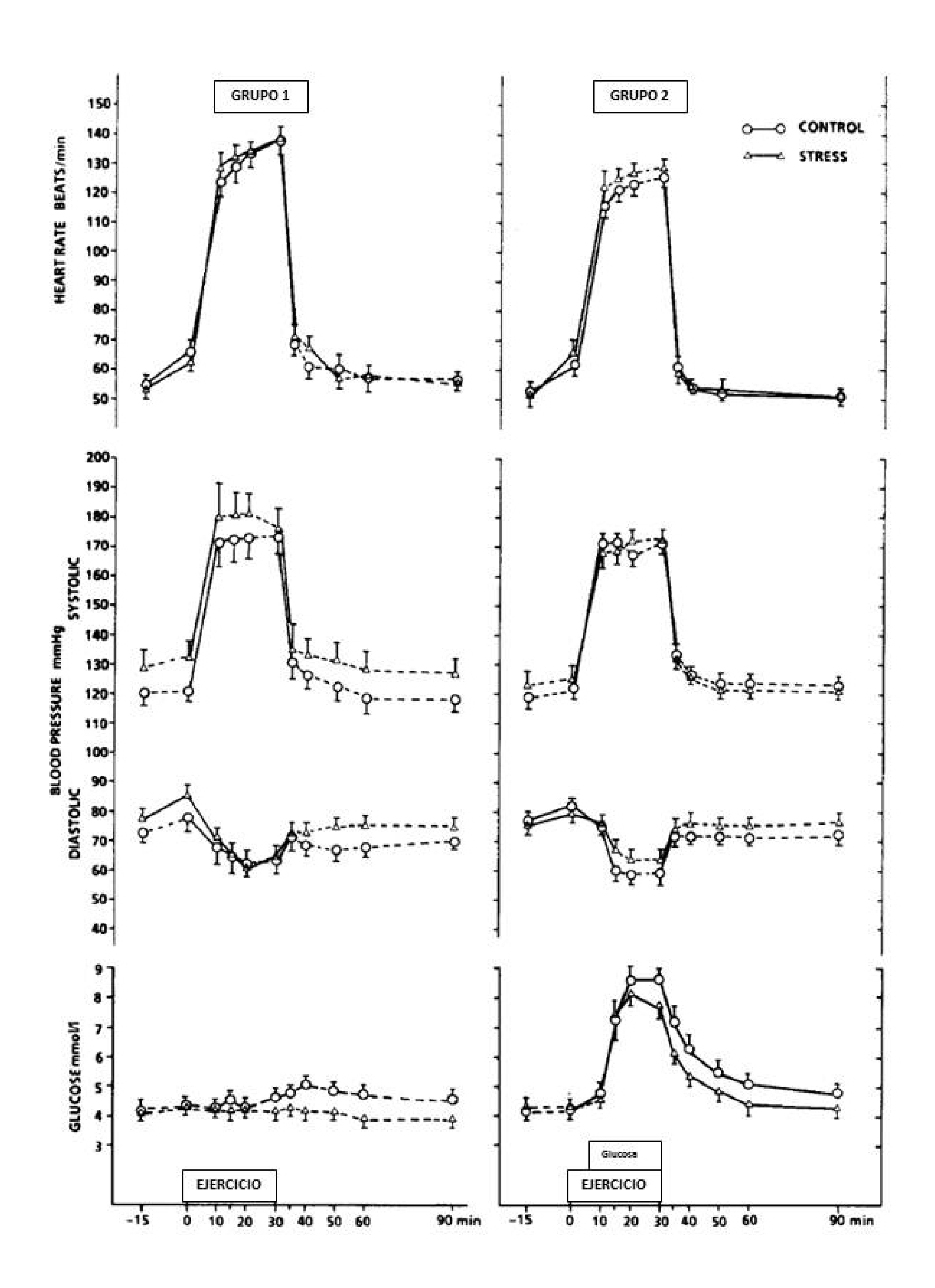


Figura 33: Respuesta de la frecuencia cardiaca, presión arterial sistólica y diastólica, y glucemia, durante un ejercicio en cicloergómetro, al 60 % de VO2max en sujetos controles basales y sujetos tras unas jornadas de instrucción con altas intensidades de entrenamiento durante 5 a 7 días, con privación de sueño y de ingesta calórica (Modificado de RTO MPO 042 2001).

Aunque algunos investigadores pudiesen hipotetizar que los voluntarios sufrirían hipoglucemia, nuestro diseño genético, fruto de la evolución en ambientes con periodos frecuentes de escasez de alimentos, nos ha preparado para poder realizar largas jornadas de ejercicio con escasa o nula ingestión de alimento. Estas situaciones fueron frecuentes hace miles de años, cuando los seres humanos dependían principalmente de la caza para poder satisfacer sus necesidades energéticas (Ben-Dor *et al.*, 2011).

En la figura 34 del trabajo de Opstad (2001) se puede apreciar como las tasas de noradrenalina se deprimen significativamente tras las jornadas de entrenamiento intensivo. En la figura 35, observamos algo parecido con la adrenalina.

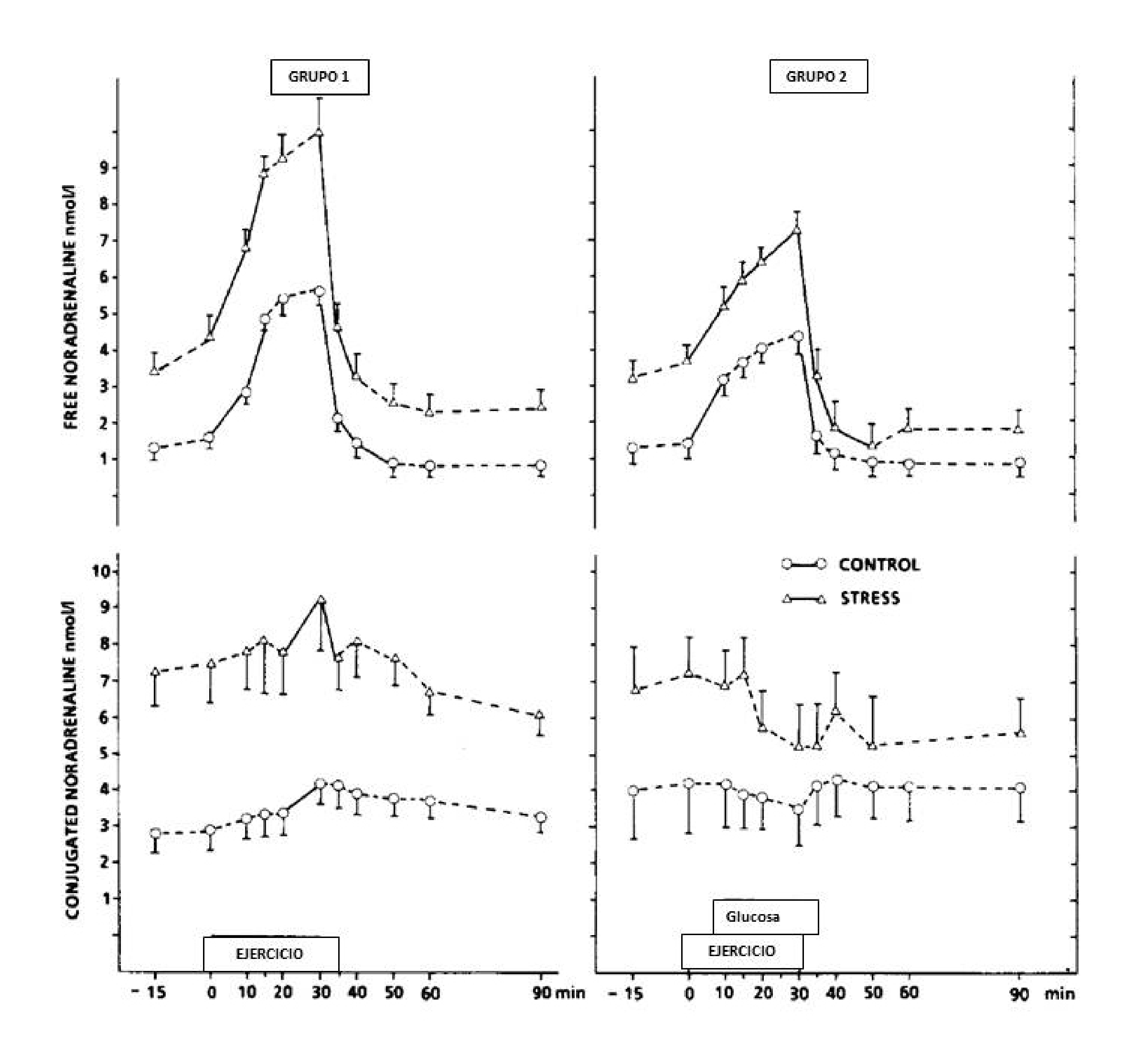


Figura 34: Niveles plasmáticos de noradrenalina libre y conjugada (Modificado de RTO MPO 042 2001).

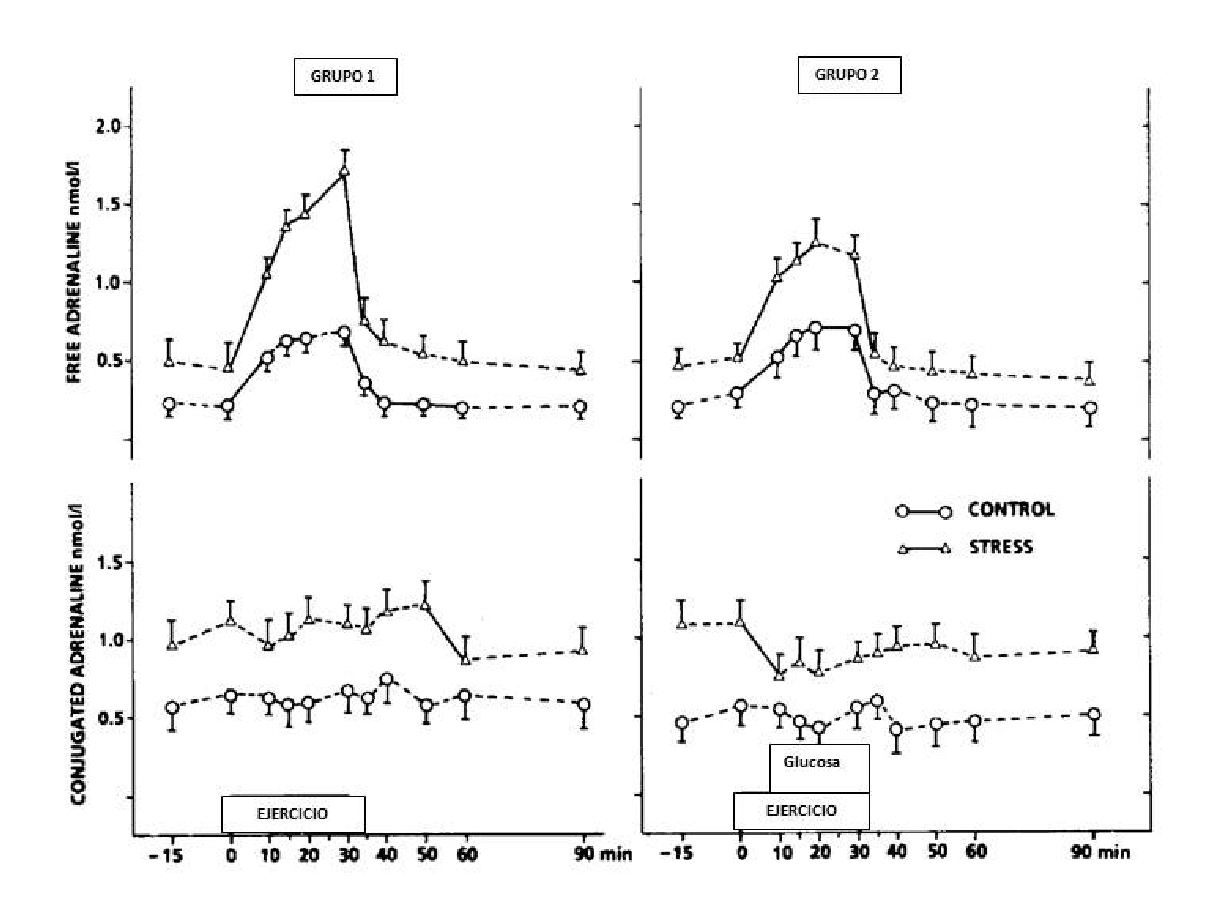


Figura 35: Niveles plasmáticos de adrenalina libre y conjugada (Modificado de RTO MPO 042 2001).

En el mismo experimento referido (2001), y ya en la figura 36, se puede apreciar la respuesta de cortisol, progesterona, DHEA sulfato, androstendiona, DHEA y 17 alfa hidroxiprogesterona.

El cortisol, uno de los marcadores de estrés más utilizados, aumenta progresivamente a medida que se produce el déficit creciente de sueño y de ingesta calórica (figura 36).

Vemos también el descenso de la testosterona en la figura 37, que se considera como un mecanismo de adaptación fisiológica para obtener proteínas procedentes de los músculos para sintetizar glucosa en el hígado.

En la siguiente imagen de la figura 38 contemplamos el descenso de la tirotropina adenohipofisaria (TSH), que permite una reducción en la producción de tiroxina, con depleción de la actividad enzimática, y por tanto del consumo energético.

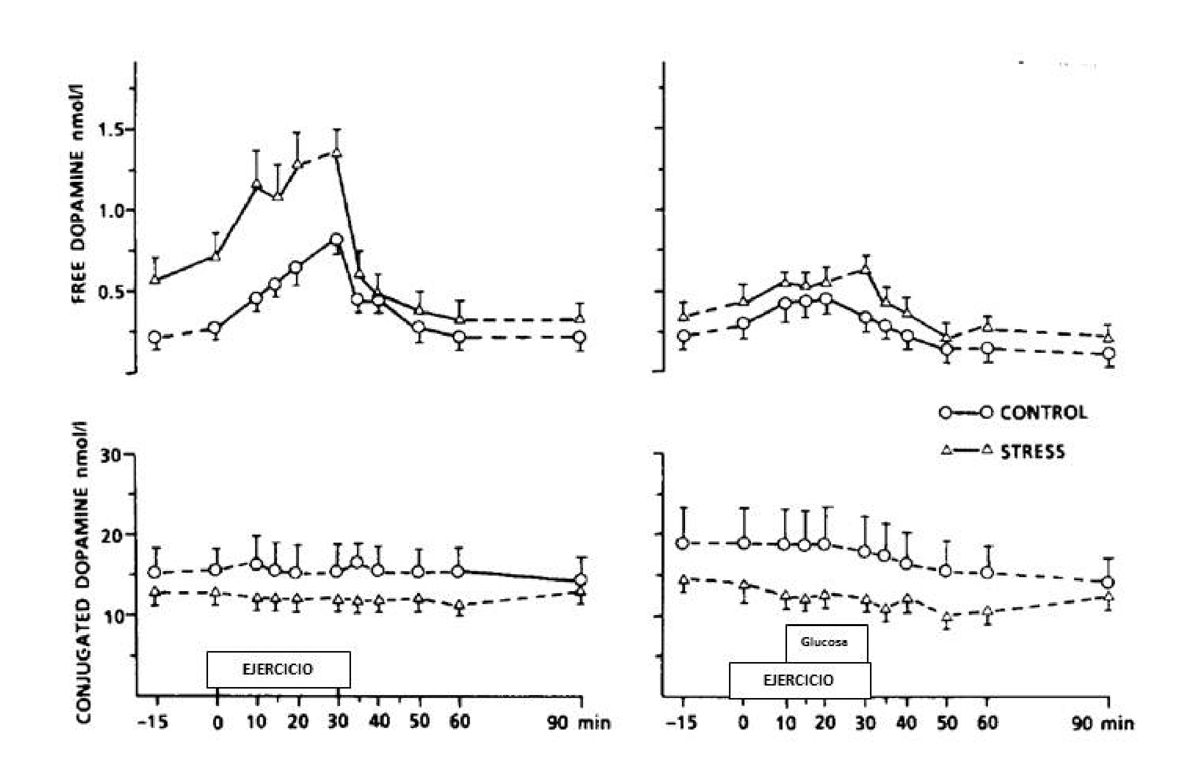


Figura 36: respuesta de cortisol, progesterona, DHEA sulfato, androstendiona, DHEA y 17 alfa hidroxiprogesterona (Modificado de RTO MPO 042 2001).

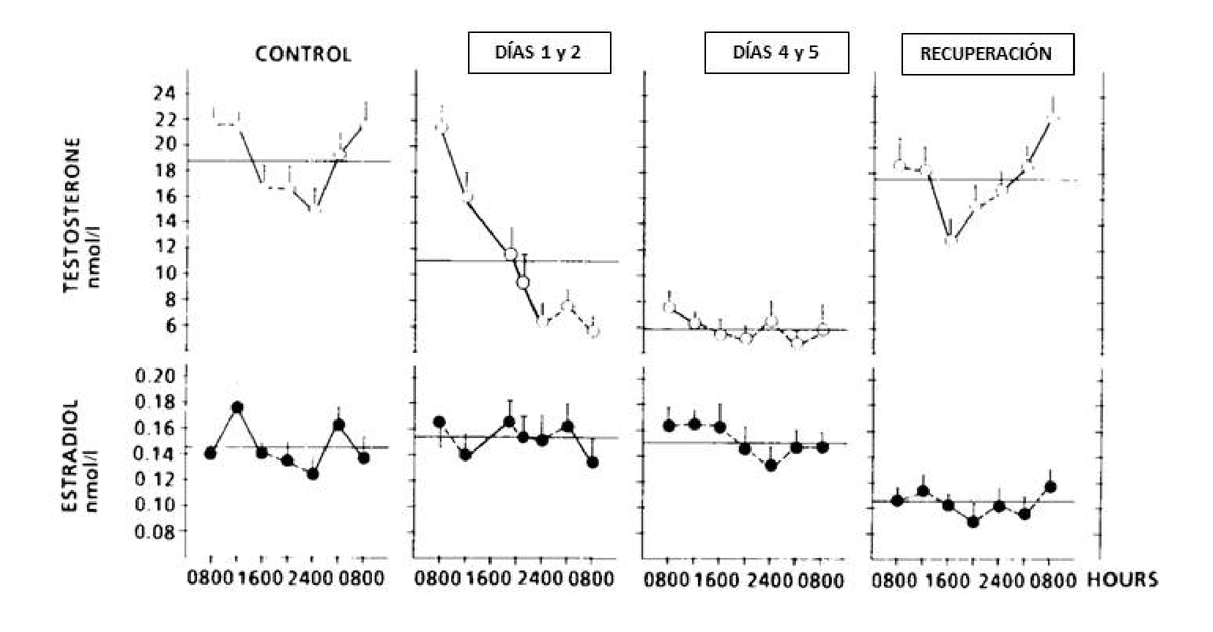


Figura 37: Modificaciones del ritmo circadiano de la testosterona y el estradiol en el experimento citado (modificado de Opstad 1995).

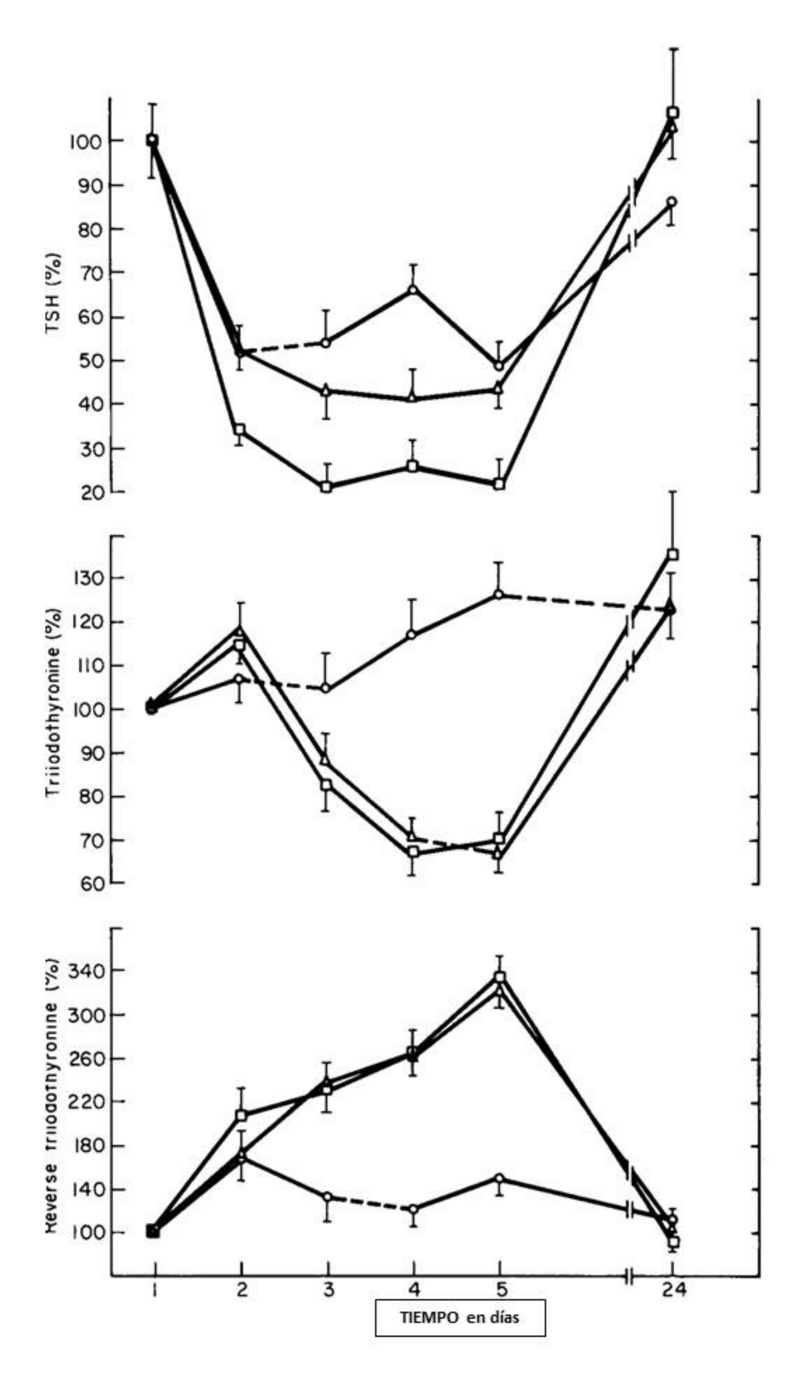


Figura 38: TSH, T3 y rT3 (Modificado de RTO MPO 042 2001).

En un estudio desarrollado con *rangers* norteamericanos (Alemany *et al.*, 2008), sometiéndoles a solo 4 horas de sueño diario a lo largo de 8 días, con una intensidad media de en torno al 35% de VO_2 máx., tratan de probar si la variación en la ingesta proteica podría influir en la mayor o menor pérdida de masa muscular. Los autores comprobaron reducciones en hormona de crecimiento (GH) y somatomedinas (IGF-I), pérdida de peso, con 2 kg de grasa y 1,2 kg de

pérdida de masa muscular, semejante a lo que le ocurre a un paciente obeso ordinario con un programa de pérdida de peso. No se contemplan diferencias en la pérdida muscular relacionadas con la diferente aportación de proteínas.

El déficit energético pone en marcha una serie de respuestas que son coordinadas por el hipotálamo y que están resumidas en la figura 39. Cuando se deja de comer, baja la leptina, que regula las gonadotropinas y reduce el apetito, disminuye TSH, y disminuye la actividad simpática, al tiempo que se estimula la liberación de ACTH y el aumento de cortisol.

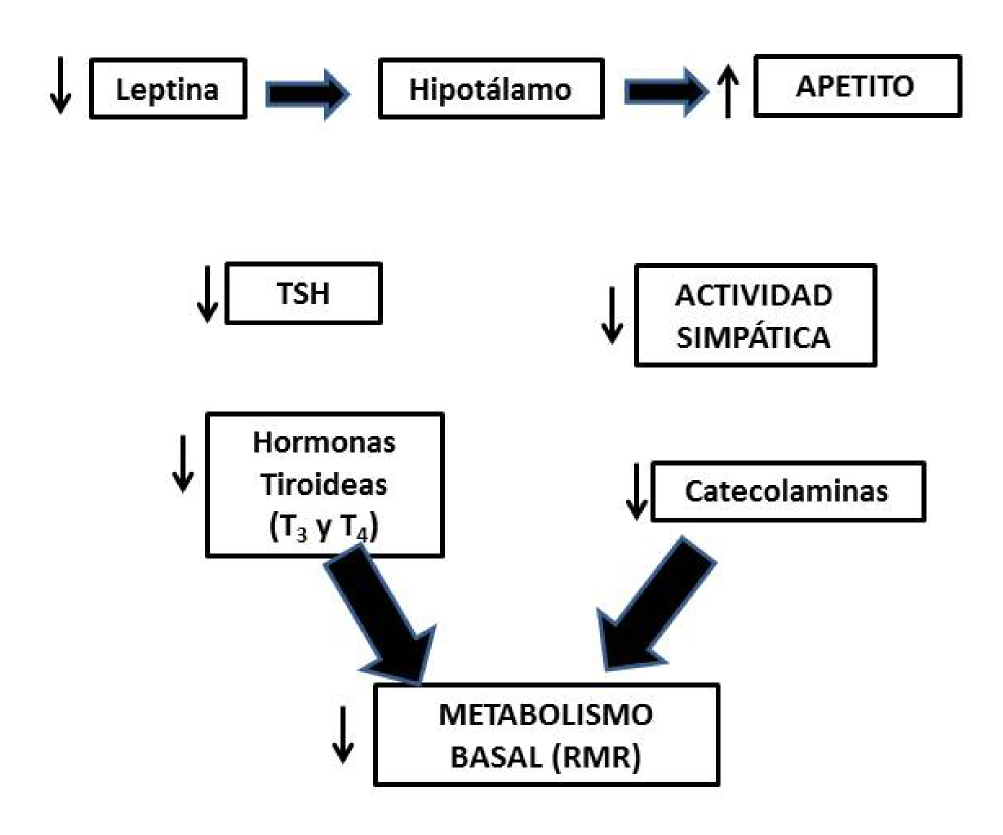


Figura 39: Respuesta neuroendocrina al déficit energético severo mediada por leptina.

Durante una prueba de *Ironman* (Kimber *et al.*, 2002) se analizó el balance energético de un grupo de triatletas bien entrenados. Los varones tenían un VO_2 máx. de 58 ml de O_2/min/kg, y las mujeres 53,6 ml de O_2/min/kg (esto representa un 15-20% por encima de los valores de la población joven sana, pero están lejos de los 70-80 ml de O_2/min/kg de los deportistas de élite en pruebas de resistencia, como los ciclistas profesionales). Las mujeres emplearon 12,5 horas en hacer el recorrido, con una intensidad media del 50% de VO_2 máx. Se les pedía que comiesen todo lo que pudieran, siendo la ingesta equivalente a 3.900 kcal en los hombres y 3.100 kcal en las mujeres. Como era lógico, el 73% de la energía ingerida ocurrió durante la fase de pedaleo. Se observó que la

ingesta en mujeres influye en el rendimiento. Además, el 94% de la energía consumida se trataba de hidratos de carbono, principalmente líquidos: 10 ml agua/kg/h. Gastaron 10.300 kcal los hombres y 8.600 kcal las mujeres. El 60% de la energía procedía de las grasas y el resto fundamentalmente del glucógeno, con un poco de proteínas. El déficit energético fue de 6.500 kcal en hombres y de 5.000 en mujeres.

Aunque el déficit anterior parezca no sostenible a lo largo de varios días, especialmente sin una preparación específica, se ha observado que este tipo de intervención puede ser utilizada para producir una pérdida importante de masa grasa corporal. A los pacientes con sobrepeso (Calbet *et al.*, 2014) se les sometió a una intervención de 4 días de duración, consistente en ejercicio de caminar 8 horas diarias, con una ingesta equivalente a 2 yogures diarios (360 kcal diarias) (WCR); dieta controlada (DIET) y ejercicio isoenergético; POST1 tras 4 semanas y POST 2 tras 1 año (figura 40). Se trataba de un grupo de 15 voluntarios varones con un VO_2 máx. medio de 39 ml/min/kg. Se dividió en dos subgrupos, a uno de los cuales se le proporcionaba agua y azúcar y al otro la misma cantidad de calorías en forma de proteínas de suero de leche (*whey protein*). Esta intervención generó un déficit energético diario de 5.000 kcal durante los cuatro días que duró la intervención.

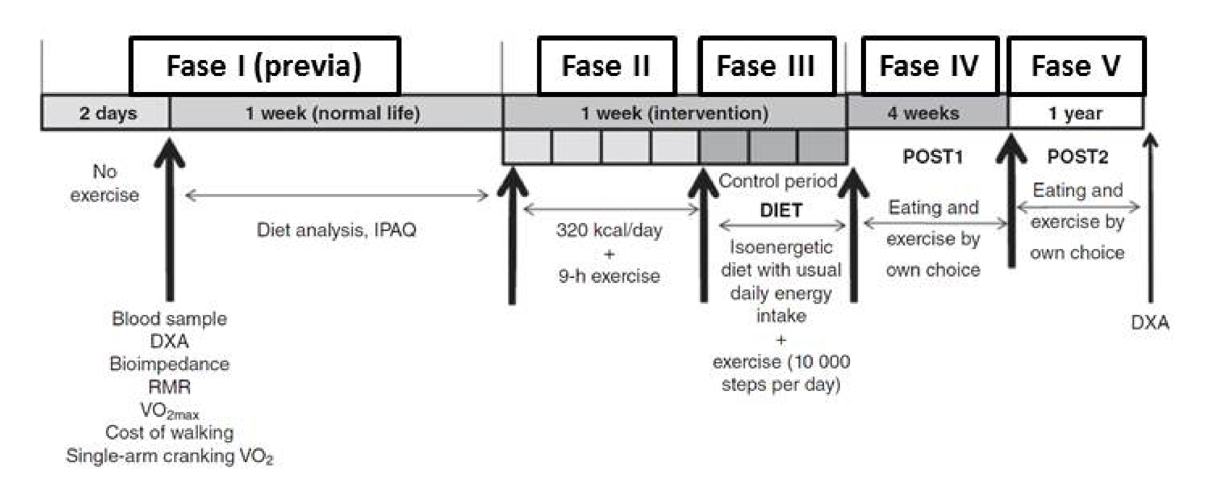


Figura 40: Protocolo del experimento (Calbet et al. 2014).

Los sujetos perdieron 2,1, 2,8, 3,8 y 1,9 kg ($p<0,05$) tras WCR, DIET, POST1 y POST2, respectivamente. Esa pérdida correspondía en sus dos terceras partes a grasa abdominal. También perdieron masa magra: 2,98, 1, 0,5 y 0,4 kg, respectivamente. Tras WCR se confirmaron reducciones significativas de glucosa, insulina, HOMA, LDL, y triglicéridos. Aumentaron ácidos grasos libres y cortisol. La leptina se redujo un 64, 50 y 33% tras WCR, DIET y POST1, respectivamente. Los efectos fueron semejantes en ambos grupos.

Este tipo de entrenamientos intensivos, que tratan de obtener los mejores resultados en cuanto a la eficiencia de nuestros deportistas de acción no están exentos de riesgo, por lo que resulta indispensable un altísimo nivel de formación de los entrenadores. De entre esos riesgos, cabe mencionar los siguientes:

1. Calambres: incidencia del 25%. Suelen deberse a trastornos neuromusculares, seguramente relacionados con fenómenos de fatiga y descoordinación. No parece que la deshidratación juegue un papel prioritario.
2. Alteraciones digestivas: flato, malestar… Suelen aparecer en la tercera parte de estos deportistas a altas intensidades. El mecanismo no está claramente establecido, pero se ha atribuido a un descenso de la irrigación sanguínea del intestino (isquemia intestinal) durante el esfuerzo prolongado (ter Steege *et al.*, 2012). Se ven favorecidas por dietas inadecuadas con difícil absorción (de Oliveira y Burini, 2011). La deshidratación también puede fomentarlas.
3. Hipoglucemia: muy rara.
4. Hiponatremia: a pesar de que estamos bien adaptados para soportar la deshidratación, gracias a la eficiencia del mecanismo de la sed, un exceso de ingesta de agua puede producir trastornos severos por hiponatremia, que puede producir hinchazón (edema) celular y rotura de estas por aumento de entrada de agua a las células.
5. Fatiga cardíaca: se ha probado la aparición de alteraciones de repolarización y disminución del volumen sistólico tras mucho tiempo de taquicardias mantenidas.
6. Fibrilación auricular: se han descrito casos a muy largo plazo. Parece que los maratonianos podrían tener un riesgo doble con respecto a la población general, como consecuencia del estiramiento sistemático del tejido auricular, por aumento de volumen.
7. Hematocrito/volemia: en pruebas de larga duración se ha observado que el hematocrito disminuye a partir de las 6 horas a una intensidad equivalente al 45% de VO_2 máx. Los sujetos bebían según la sed. Se producía un aumento de la activación del eje renina/angiotensina/aldosterona, que aumentaba la volemia, excitando los voloreceptores de la aurícula derecha, que estimulaba el péptido atrial natriurético, aumentando el llenado ventricular, mejorando la eficiencia cardíaca.
8. Señalizadores de inflamación: en la prueba Transvulcania, de la isla de La Palma, consistente en pruebas de entre 18 y 20 horas subiendo y bajando montañas, se observan signos de leucocitosis y fiebre en algunos corredores.
9. Aumento del coste energético: mayor cuanto más rápido se corra, en parte debido a un descenso de la eficiencia de las mitocondrias.
10. Rabdomiolisis (a veces): puede ocasionar alteraciones renales y en casos graves de fallo renal requerir ingreso en la unidad de cuidados intensivos.

11. Fracturas de estrés.
12. Tendinitis.
13. Artrosis: aunque menos que los sedentarios (mayor riesgo si hay sobrepeso).
14. En mujeres: amenorrea. La amenorrea cursa con niveles bajos de estradiol y sostenida en el tiempo provoca pérdida de masa ósea y aumenta el riesgo de fracturas de estrés y osteoporosis con el paso de los años.

Bibliografía

Alemany, J. A.; Nindl, B. C.; Kellogg, M. D.; Tharion, W. J.; Young, A. J. y Montain, S. J.: «Effects of dietary protein content on IGF-I, testosterone, and body composition during 8 days of severe energy deficit and arduous physical activity», en *J Appl Physiol*, 1985, 105:58-64.

Ben-Dor, M.; Gopher, A.; Hershkovitz, I. y Barkai, R.: «Man the fat hunter: the demise of Homo erectus and the emergence of a new hominin lineage in the Middle Pleistocene (ca. 400 kyr) Levant», en *PLoS ONE*, 2011, 6:e28689.

Bergstrom, J.; Hermansen, L.; Hultman, E. y Saltin, B.: «Diet, muscle glycogen and physical performance», en *Acta Physiol Scand*, 1967, 71:140-150.

Cahill, G. F. Jr.: «Fuel metabolism in starvation», en *Annu Rev Nutr*, 2006, 26:1-22.

Calbet, J. A. L.; Ponce-González, J. G.; Pérez-Suárez, I.; Calle Herrero, J. de la y Holmberg, H.-C.: «A time-efficient reduction of fat mass in 4 days with exercise and caloric restriction», en *Scand J Med Sci Sports*, 2014, en prensa.

Oliveira, E. P. de y Burini, R. C.: «Food-dependent, exercise-induced gastrointestinal distress», en *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2011, 8:12.

Hermansen, L.; Hultman, E. y Saltin, B.: «Muscle glycogen during prolonged severe exercise», en *Acta Physiol Scand*, 1967, 71:129-139.

Karlsson, J. y Saltin, B.: «Diet, muscle glycogen, and endurance performance», en *J Appl Physiol*, 1971, 31:203-206.

Kimber, N. E.; Ross, J. J.; Mason, S. L. y Speedy, D. B.: «Energy balance during an ironman triathlon in male and female triathletes», en *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2002, 12:47-62.

Nieman, D. C.; Carlson, K. A.; Brandstater, M. E.; Naegele, R. T. y Blankenship, J. W.: «Running endurance in 27-h-fasted humans», en *J Appl Physiol*, 1987, 63:2502-2509.

Opstad, P. K.: «Androgenic hormones during prolonged physical stress, sleep, and energy deficiency», en *J Clin Endocrinol Metab*, 1992, 74:1176-1183.

Opstad, P. K.: *Endocrine and Metabolic Changes during Exhaustive Multifactorial Military Stress. Results from Studies during the Ranger Training*, Course of

the Norwegian Military Academy; *The Effect of Prolonged Military Activities in Man Physiological and Biochemical Changes. Possible Means of Rapid Recuperation*, RTO MEETING PROCEEDINGS 42., RTO/NATO, 2001.

Opstad, P. K.; Falch, D.; Oktedalen, O.; Fonnum, F. y Wergeland, R.: «The thyroid function in young men during prolonged exercise and the effect of energy and sleep deprivation», en *Clin Endocrinol* (Oxf), 1984, 20:657-669.

Saltin, B. y Karlsson, J.: «Muscle glycogen utilization during work of different intensities», en Pernow, B. y Saltin, B. (eds.): *Advances in Experimental Medicine and Biology Muscle Metabolism During Exercise*, Nueva York: Plenum, 1972, pp. 289-299.

Steege, R. W. ter; Geelkerken, R. H.; Huisman, A. B. y Kolkman, J. J.: «Abdominal symptoms during physical exercise and the role of gastrointestinal ischaemia: a study in 12 symptomatic athletes», en *Br J Sports Med*, 2012, 46:931-935.

Westerterp, K. R. y Plasqui, G.: «Physical activity and human energy expenditure», en *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 2004, 7:607-613.

ENTRENAMIENTO FÍSICO EN LA INFANTERÍA DE MARINA ESPAÑOLA

Cap IM Antonio Lois de los Santos
Diplomado en Educación Física y Deportes
Escuela de Infantería de Marina «General Albacete y Fuster»

Los criterios de entrenamiento en el Cuerpo de Infantería de Marina (CIM) española, en sus aspectos meramente físicos y deportivos, no difieren de otros colectivos cuyas exigencias y capacidades son elevadas; aunque sí hay claras especificaciones en las sesiones de entrenamiento aplicado, que en ambiente militar se denomina Instrucción Físico-Militar (IFM) —en el caso de individuos—, y Adiestramiento Físico-Militar (AFM) para unidades. En este artículo se utilizará AFM como nombre genérico.

En las páginas que siguen se tratarán los componentes que hacen posible que los infantes de marina consigan las capacidades necesarias para realizar sus cometidos. No se abordarán otras áreas fundamentales: el desarrollo de la entereza psicológica y mental, el entrenamiento para obtener la capacidad de sufrimiento, la preparación ante situaciones estresantes, como cuando el individuo tiene que aplicar las reglas de compromiso y la decisión ha de tomarla en apenas unos segundos, etc.

Al considerar el tema objeto de este artículo, hay que empezar por la segunda parte del enunciado, ya que difícilmente se entendería el contenido principal del mismo sin tener una idea aproximada de lo que es la Infantería de Marina (IM), para así poder comprender cada uno de los conceptos relacionados con el entrenamiento físico de este cuerpo especial de la Armada española.

Cuerpo de Infantería de Marina, desde 1537. Nacido para ofender

La IM española tiene reconocida su antigüedad en el año 1537, cuando Carlos I ordenó la creación de las «Compañías Viejas del Mar de Nápoles», para asignarlas de forma permanente a las Escuadras de Galeras del Mediterráneo. La creación del Tercio de la Armada del Mar Océano el 27 de febrero de 1566 marca otro hito histórico al crear la unidad que participó, entre otras históricas batallas, en la de Lepanto (1571) y en la conquista de la Isla Tercera (1583) en el archipiélago de las Azores. «Los Tercios constituían una fuerza de choque para combatir en cualquier lugar, pero primordialmente lejos de los dominios del rey de España». Es decir, no nacieron para defender sino para ofender.

Carlos I no adquirió con estas unidades el compromiso inviolable de no disolverlas para mantenerlas ociosas, sino para disponer de una fuerza de intervención exterior, permanentemente dispuesta para acudir donde su política las hiciera necesarias.[1] Así pues, el CIM tiene espíritu expedicionario desde su nacimiento, con estructura y doctrina de alistamiento en el menor tiempo posible, capaz de mantenerse por largos periodos de tiempo fuera de sus bases y apoyado por sus unidades logísticas o de la Armada durante el tiempo necesario hasta que sean relevadas por otras de mayor entidad. Se trata de la Infantería de Marina más antigua del mundo.



Figura 41: Unidad de Infantería de Marina en sesión de Adiestramiento Físico-Militar.

Estructura orgánica

La Flota es la denominación genérica para toda la fuerza de la Armada; en ella se integran todos los medios humanos y materiales. En su estructura se encuadran mandos, unidades, organismos, centros e instalaciones.

1 Sánchez, J. L.: *Sobre la guarnición del castillo de Baia y los primeros Tercios de Infantería en 1537*, Researching & Dragona.

La fuerza de IM, componente de la Flota, está formada por los medios y unidades que tienen por cometido principal efectuar misiones relacionadas con la proyección del poder naval sobre tierra, mediante la realización de operaciones militares en la costa, iniciadas en la mar.



Figura 42: "Mi Bandera", de Augusto Ferrer-Dalmau. Representando al granadero IM Martín Álvarez en la batalla del Cabo de San Vicente (14 de febrero de 1797).

La preparación del CIM se dirige para realizar operaciones de guerra naval especial, operaciones terrestres, y de protección y seguridad física a las personas, unidades, centros y organismos de la Armada y otros que puedan asignársele, en los que se desarrolle su capacidad de acción en tierra y/o contribuya a la seguridad marítima.

Su capacidad para embarcar en muy poco tiempo con apoyos aéreos y terrestres orgánicos de la Armada la convierte en una unidad de alto valor estratégico por su alto grado de adiestramiento, capacidad y posibilidad de posicionarse de forma rápida y discreta en aguas internacionales; constituyendo un inestimable factor de disuasión.

En resumen, la IM está especializada en realizar todo tipo de operaciones anfibias. Unas llevadas a cabo por mar y tierra sobre una costa hostil o potencialmente hostil; y otras, desde y hacia plataformas navales.

Fuerzas de Infantería de Marina

El Tercio de Armada (TEAR) es la unidad expedicionaria con capacidad de asalto anfibio y combate terrestre. La Brigada de Infantería de Marina (BRIMAR) es una de las grandes unidades españolas con proyección internacional que opera en el marco de la UE y de la OTAN.

La Fuerza de Protección (FUPRO) proporciona seguridad a bases, instalaciones, centros, organismos y personas de la Armada u otros organismos que se le encomienden. En ella están integrados la mayoría de la veintena de Equipos Operativos de Seguridad (EOS) con capacidad MIO (*Maritime Interdiction Operations* —Operaciones de Interdicción Marítima—).

La Fuerza de Guerra Naval Especial (FGNE) tiene la capacidad de realizar operaciones especiales ejecutadas principalmente en el ámbito marítimo, litoral, o en apoyo de las operaciones navales. Figura 43.



Figura 43: Orgánica de las Fuerzas del Cuerpo de Infantería de Marina

Otras unidades de Infantería de Marina

La IM cuenta con otras unidades con dependencias funcionales de mandos ajenos a la flota.

La Compañía «Mar Océano» representa a la Armada en la Guardia Real. Su misión y cometidos fundamentales están orientados a participar en la seguridad

y rendición de honores a S. M. el rey, a la familia real, a los jefes de Estado extranjeros en visita de Estado, y a los embajadores en su presentación de cartas credenciales. También es la principal encargada de mantener operativo el Grupo de Buceo de la Guardia Real, al que nutre de cuadros de mando y tropa con la formación como buceadores (Figura 44).



Figura 44: Compañía "Mar Océano", representante de la Armada en la Guardia Real.

La Sección «Martín Álvarez», asignada al LPH Juan Carlos I, forma parte de su dotación. Su misión es la de proporcionar seguridad y control del buque, y está capacitada para realizar operaciones MIO usando helicópteros o embarcaciones semirrígidas (figura 45).

La Escuela de Infantería de Marina «General Albacete y Fuster» (EIMGAF) es el único centro específico de IM. Se imparten las enseñanzas concretas del cuerpo. Oficiales, suboficiales y tropa realizan cursos con los que obtienen los conocimientos necesarios para el desarrollo de sus funciones. Así pues, por la EIMGAF pasan todos los infantes de Marina varias veces a lo largo de su carrera profesional.

El Campo de Adiestramiento de la Sierra del Retín se ubica en el sur de España y está bañado por las aguas del Atlántico en Barbate. Es la zona de maniobras



Figura 45: Sección "Martín Álvarez" embarcada como dotación del LPH Juan Carlos I.



Figura 46: Miembros de un Equipo Operativo de Seguridad en acción de Operación de Interdicción Marítima (MIO).

para realizar ejercicios tácticos y de tiro de las unidades anfibias. Tiene asignada una unidad de IM para garantizar su seguridad y mantenimiento.

Infantería de Marina en ambientes extremos

Con una idea más aproximada de la IM, hay que adentrarse un poco más en el conocimiento, ahora, de algunas condiciones en las que realiza su trabajo. Parte de la dificultad de las tareas encomendadas es que se realizan en ambientes extremos, que al fin y al cabo, es la circunstancia que marca la pauta para entrenar al nivel adecuado. Para ello, se puede considerar cuatro importantes dificultades: las zonas de acción, los agentes hostiles, el tiempo de actuación, y los medios propios.

Las zonas de acción se encuentran inmersas en ambientes muy degradados, propios del momento de crisis, así, las carreteras y caminos, los agentes químicos liberados por acciones de combate, y los edificios destruidos se convierten en importantes obstáculos. Igualmente, la orografía representa trabas a tener en cuenta, ya que los oponentes suelen situarse en lugares de difícil acceso y alejados de vías de comunicación: montañas, áreas desérticas, selvas. Y todo ello, bajo cualquier tipo de climatología, oscilando temperatura y humedad entre ventanas muy amplias de valores.



Figura 47: Infantes de marina en Adiestramiento Físico-Militar.

Los agentes hostiles pueden ser los combatientes regulares y encubiertos, la población civil, y en algunos casos, hasta militares componentes de las Fuerzas Armadas potencialmente amigas.

El tiempo de actuación es variable, pero lo normal es que las unidades IM estén activadas en zona de operaciones durante periodos de 24/7 (24 horas al día durante los 7 días de la semana), o lo que es lo mismo: permanentemente.

Los medios propios permiten cumplir los objetivos y proporcionan seguridad al personal, pero sus características los convierten en impedimentos peligrosos. El equipo, el material y el armamento son problemáticos por su volumen y peso. La peligrosidad es inherente por el uso de armas cargadas, vehículos y blindados que evolucionan a velocidades altas, etc. Y lo que es aún más peligroso, la posibilidad de estrés causado por aspectos citados, y que ocasionan un menoscabo de la efectividad de las actuaciones del personal.

Podemos cerrar este bloque con la idea de que la IM es un cuerpo especializado en un amplio abanico de operaciones que le confieren una alta cualificación, y que exige a sus miembros unas capacidades físicas muy elevadas, sin las cuales sería imposible cumplir las misiones encomendadas, considerando, además, que la mayoría de las operaciones reales se llevan a cabo en ambientes extremos.



Figura 48: Infante de marina realizando un test.

Principios del entrenamiento en la Infantería de Marina

Los principios del entrenamiento no difieren en nada a los considerados dentro de las especialidades civiles y según criterios de diferentes autores, aunque en algunos hay que ajustar ciertos valores a intereses concretos.

Veamos por ejemplo, la individualización, donde se considera la correspondencia entre las potencialidades del deportista y las exigencias que se le formulan,

por lo que hay que considerar características como la edad del practicante, el sexo, nivel de sus posibilidades físicas, de su preparación deportiva, su estado de salud, así como tener en cuenta las cualidades psicológicas. Cuando todo ello se enmarca en etapas complicadas, donde el individuo se encuentra en operaciones, embarques, etc., se hace complicado cumplir los objetivos, máxime cuando también hay que perseguir la «colectivización», pues sin ella sería imposible aunar al grupo para que consiga altas capacidades, próximas a estándares definidos que han de ser certificados por equipos de valoración externos a la unidad.

Cualidades físicas en la Infantería de Marina

Las cualidades físicas se desarrollan en periodos; se clasifican en orgánicas, perceptivo-cinéticas y musculares; y se miden por test.[2] En este estudio, se hará especial hincapié en la periodicidad y en los test como elementos de evaluación de las capacidades físicas.

Evaluación

Los test de campo representan la herramienta más eficaz, rápida y útil para medir las capacidades de individuos y unidades. Delgado Noguera (1991) define a la evaluación como *el conjunto de actividades, análisis y reflexiones que permiten obtener una valoración lo más real, objetiva y sistematizada posible del proceso de enseñanza-aprendizaje, para comprobar en qué medida se han alcanzado los objetivos y poder regularlos*. Este principio, acertado y preciso, enmarca perfectamente los fines que pretende el mando a la hora de valorar el conjunto de cualidades predefinidas.

Los infantes de marina tienen que superar pruebas físicas preceptivas, según los criterios de las autoridades que lo ordenan:

- Las de acceso/capacitación final del curso de formación para adquirir la condición de militar: tropa, suboficial u oficial.
- Las de acceso/capacitación final de los cursos de perfeccionamiento (acceso al empleo de cabo y cabo 1.°, de guerra naval especial, los de seguridad, y otros).
- Las de acceso/capacitación final de diferentes cursos de perfeccionamiento organizados por otros Ejércitos, dentro o fuera de territorio nacional.
- Las de la Armada (anuales).
- Las de IM (semestrales).

2 García Manso, J. M.; Navarro Valdivieso, M. y Ruiz Caballero, J. A.: *Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones*, Madrid: Gymnos, 1996.

Con todo ello, cada infante de marina realiza un mínimo de tres pruebas físicas anuales y algunas otras relacionadas con los cursos de formación y perfeccionamiento. En este último aspecto, hay que reseñar que a medida que van pasando los años, va realizando los cursos correspondientes y no se mantiene la necesidad. Por ejemplo, un cabo 1.º, un brigada o un capitán con 40 años ya no realizará pruebas físicas por curso de perfeccionamiento, ya que no realizará ninguno, pero sí seguirá haciendo las preceptivas de la Armada o de la IM.

PRUEBA	PRUEBAS FINALES					MED
	AMPTM	ASP CBO	ASP CB1	CAES	CAEO	
Flexo-ext brazos	20	19	21	24	28	23
Carrera 1000 m.	-	3'53"	3'52"	3'40"	3'30"	3'44"
Natación 50 ml.	58"	1'05"	60"	56"	54"	59"
Carrera 50 m.	7,9"	7,8"	7,8"	7,7"	7,5"	7,7"
Carrera 8000 m.	34'	-	-	32'	30'	32'

Figura 49: Pruebas finales de los cursos de formación y perfeccionamiento para acceso a las diferentes escalas.

PRUEBAS FÍSICAS (MÍNIMAS) ACCESO CURSO DE GUERRA NAVAL ESPECIAL		
PRUEBA	TROPA	OFICIALES/SUBOFICIALES
T: Abdominales	57	
T: Extensión de brazos	37	
T: Carrera 8000 m	35'	
T: Flexiones de barra	-	7
T: CAV	-	13,30"
T: Recorrido de montaña	-	5h32'- 6h38'
T: Carrera 1000 m	-	3'25"
A: 400 m/bz	10'	12' (5'30" al paso por 200m)
A: Buceo horizontal	25 m	
A: Picado	5 m	
A: Apnea	1'10"	
A: Resistencia flotabilidad	1'	

Figura 50: Pruebas de acceso para el Curso de Guerra Naval Especial.

Por otra parte, las pruebas físicas periódicas (Armada e IM) no solo son obligatorias con las marcas establecidas por edades, sino que son utilizadas para cumplimentar el apartado de «Condición psicofísica adecuada al desempeño profesional» del «Informe Personal de Calificación». Por otra parte, son utilizadas por las unidades como test para evaluar el estado y la progresión de los programas de entrenamientos.

Planificación del entrenamiento

Podemos considerar que el objeto de la planificación es organizar lo que ocurre en la etapa de la preparación, representando el sistema que interrelaciona los momentos de preparación y competencia; próximo a este concepto se define A. Kaufman (1973) cuando afirmó que «la planificación es un proceso para determinar adónde ir y establecer los requisitos para llegar a este punto de la manera más eficiente y eficaz posible».

Durante muchos años, los diplomados en Educación Física de las unidades de IM han intentado planificar el entrenamiento y organizar el trabajo en tiempo y forma de los infantes de marina; sin embargo, siempre se han encontrado con el mismo problema: los periodos de tiempo más o menos prolongados en los que las unidades se encuentran fuera de sus bases: embarcadas en buques durante navegaciones de varias semanas, en alejados lugares cumpliendo misiones reales, en campos de maniobra del territorio nacional o del extranjero, operando en ejercicios combinados y multinacionales.

El criterio ha cambiado de forma imperceptible, basando las prioridades en consecución de objetivos parciales y en la doble articulación de periodos y la priorización de cuatro grandes áreas: preparación física, Adiestramiento Físico-Militar (AFM), ejercicios tácticos, y deportes (individuales y colectivos).

Se mantienen los cuatro periodos básicos: prepreparatorio, preparatorio, competitivo, y transitorio; aunque adaptando la duración a las partes útiles del macrociclo anual, intercalando fases con los periodos de evaluación (desconociendo las fechas exactas), y potenciando el trabajo en circuitos en los periodos de embarque y en los de operaciones en el extranjero.

PREPREPARATORIO	PREPARATORIO	COMPETICIÓN OPERACIÓN	TRANSICIÓN
1°) P. FÍSICA 2°) AFM 3°) EJ. TÁCTICOS 4°) DEPORTES	1°) AFM 2°) EJ. TÁCTICOS 3°) P. FÍSICA 4°) DEPORTES	1°) CUMPLIR MISIÓN. ACCIONES TÁCTICAS. P. FÍSICA (mantenimiento)	1°) DEPORTES 2°) P. FÍSICA 3°) AFM 4°) EJ. TÁCTICOS

De esta forma, fuerza, resistencia orgánica, resistencia aeróbica, coordinación, velocidad, técnica, y táctica avanzan a caballo de niveles escalables. Figuras 52 y 53.

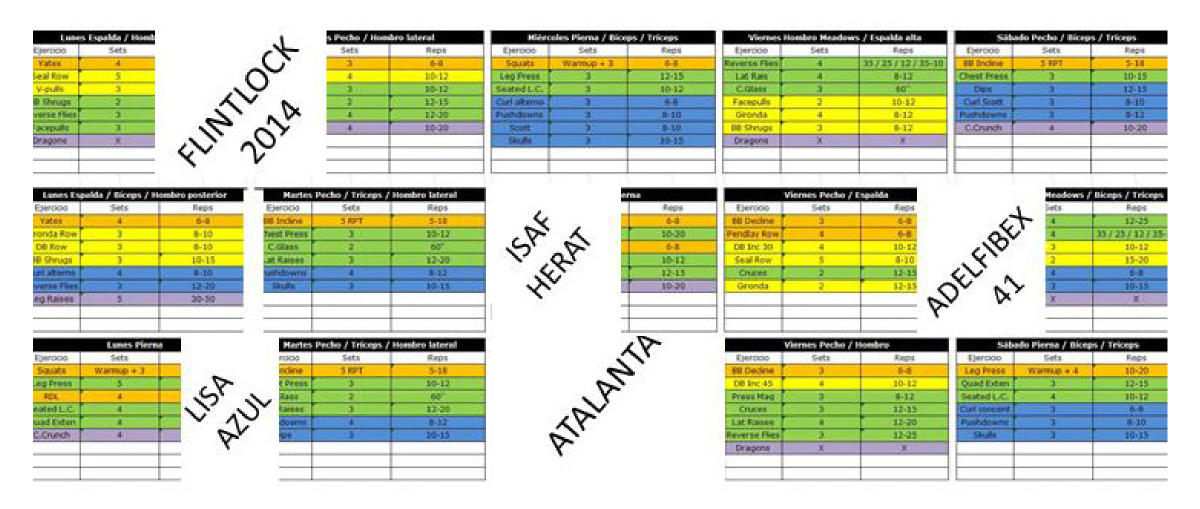


Figura 52: Ejemplo de problemática que impide planificar de forma tradicional macrociclos y entrenamiento.

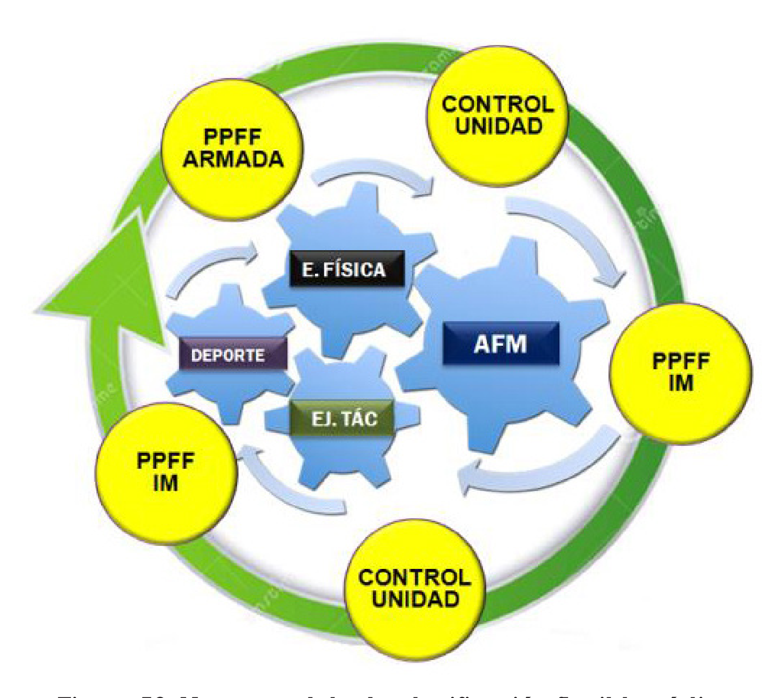


Figura 53: Nuevo modelo de planificación flexible, cíclica y coordinada con pruebas de evaluación.

Preparación física

El proceso pedagógico de la preparación física no debe finalizar tras el periodo escolar o universitario, por la edad, entorno social, situación laboral, o cualquier otro motivo. El principal propósito de la misma ha se ser lograr el

hábito y la adquisición de un estilo de vida activo y saludable; es un objetivo que una vez conseguido, hay que mantener de forma permanente. Es la base que cimenta al cuerpo humano para realizar un amplio abanico de actividades. Estos dos conceptos no solo son aceptados y forman parte de la conciencia de cada infante de marina, sino que se practican de forma general y los cuadros de mando los aplican en la parte pedagógica.

El comandante general de la Infantería de Marina, consciente de la necesidad de potenciar la preparación física, determina:[3] «El mantenimiento de una adecuada preparación física constituye un requisito esencial en la formación militar de todo infante de marina tanto para el logro de una excelente preparación táctica y técnica, como para el correcto ejercicio del liderazgo en el ámbito de las unidades de la Fuerza.

La preparación física deberá orientarse al cumplimiento de los objetivos y actividades propios que se deriven de la misión de su Unidad, destino y puesto». Figura 54.



Figura 54: Infante de marina realizando una marcha de endurecimiento con equipo de combate.

Deporte

El deporte es pura actividad física, ejercida como juego o competición —a veces, consigo mismo—. La práctica deportiva supone entrenamiento, resultado del mismo, y sujeción a normas muy concretas. Capacidad de sufrimiento, de sacrificio, de superación, etc. Son muchas virtudes las que aporta el deporte; y

3 Norma 01/2013, de 23 de enero del comandante general de la Infantería de Marina sobre evaluación de la preparación física en el ámbito de la Fuerza de Infantería de Marina; que deroga la norma de 2006 sobre el mismo asunto.

en su modalidad de equipo, potencia valores de mucha valía para un infante de marina y por ende, para la unidad a la que pertenece: disciplina, importancia de cumplir las normas, trabajo en grupo en pos de la consecución de un objetivo común, liderazgo, solidaridad, conseguir la victoria tras justo enfrentamiento con el rival.

Egipcios, persas, nipones, griegos, mallas, romanos… Desde hace miles de años, guerreros de todos los imperios han practicado deportes para potenciar las habilidades que necesitarían en el transcurso de las batallas. Hoy, sigue estando en vigor la misma máxima.

Indirectamente, dado que el deporte es un instrumento de relación social, las unidades, centros y organismos han de aprovecharlo para que sus integrantes consoliden el «espíritu de Unidad», representando a sus compañeros en distintas competiciones y relacionándose con el ámbito civil, desde la perspectiva de que son imagen de las FAS. Figura 55.



Figura 55: La natación como deporte y entrenamiento fundamental para personal de fuerzas anfibias.

Adiestramiento Físico-Militar

El Adiestramiento Físico-Militar (AFM) es la parte de la instrucción del militar cuyo objetivo es la preparación física para el cumplimiento de la misión. Persigue que los cuadros de mando y la tropa consigan la preparación física necesaria para el cumplimiento de la misión, tanto en tiempo de paz como en guerra, situaciones de conflicto y en toda clase de ambientes y circunstancias desfavorables. Desarrolla en el combatiente las cualidades físicas básicas

(fuerza, resistencia y velocidad), y las complementarias en función de la especialización de la unidad o destino. Desarrolla el carácter del combatiente aportándole valores como son: la agresividad, la tenacidad y el espíritu de sacrificio, el valor y la confianza en sí mismo, el compañerismo y el espíritu de equipo. Figuras 56 y 57.

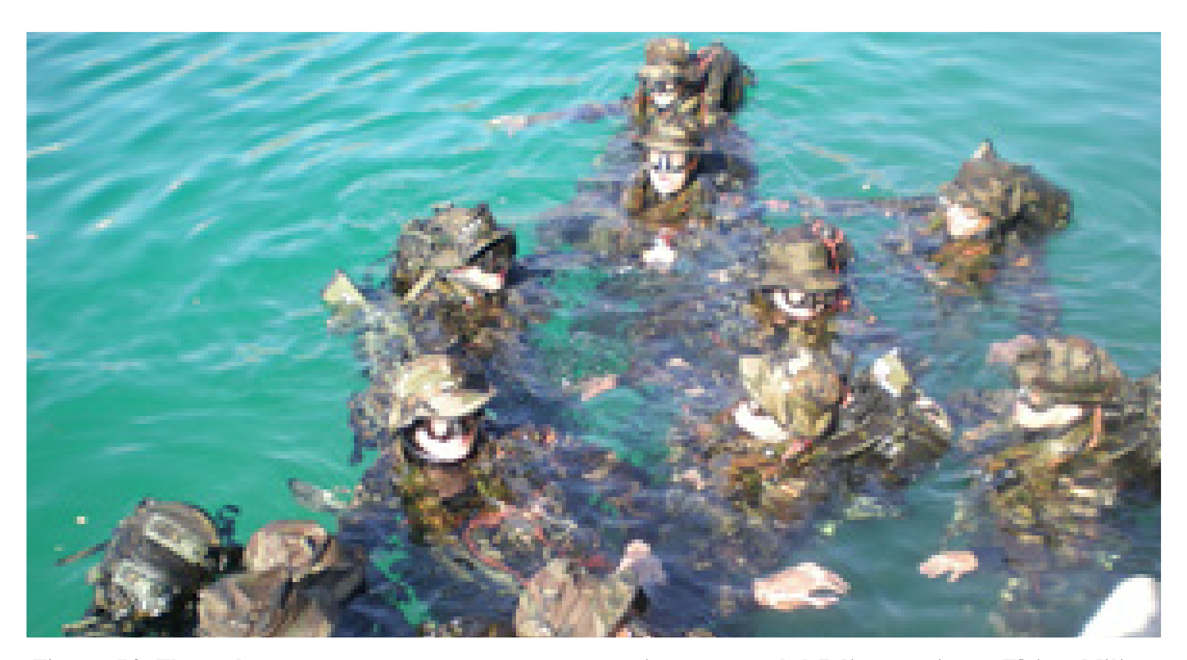


Figura 56: El combate cuerpo a cuerpo como parte integrante del Adiestramiento Físico-Militar.



Figura 57: Adiestramiento físico-militar. El FAN-PIN, competición organizada por el Tercio de Armada.

Seguridad operativa

En 2013 se produjeron 90 accidentes en la Armada ocasionados por actividades deportivas y AFM, lo que supone un 15% del total de los acontecidos. Considerando que cuenta con 25.000 efectivos aprox., el porcentaje resultante es de un 2,8%. Lo cual no está bien, ya que hay que seguir trabajando para minimizar esa cifra hasta el 0, pero al menos, supone una demostración del esfuerzo realizado en el campo de la seguridad operativa y la prevención de riesgos laborales. Un ternero, Milón de Crotona, y el principio de la progresión



Figura 58: Personal sanitario atiende a un accidentado en zona de montaña.

Se cierra este artículo considerando a la progresión como uno de los elementos claves dentro del entrenamiento del infante de marina, ya que cada individuo tiene que ser consciente de que a través del tiempo, los avatares de la carrera militar le van a llevar a muchos destinos, situaciones, unidades, etc., y tiene que ser consciente de la importancia en el esfuerzo personal, alejándose de las marcas mínimas o aceptables, y buscando su progresión hasta los niveles que exige, cada vez, el cumplimiento de las tareas encomendadas, en muchas ocasiones, próximos a los exigibles a cualquier deportista de élite. No se puede entender de otra forma: con el firme compromiso de progresar hasta la excelencia.

Aunque no lo supo, Milón de Crotona inventó el entrenamiento progresivo, en su caso, de la fuerza. Caminaba un estadio con un ternero recién nacido a hombros, e hizo esto cada día hasta que el animal se convirtió en un buey adulto. Ateneo relata que la historia no terminó bien para el buey, «En Olimpia se cargó a los hombros el buey de cuatro años, dio una vuelta al estadio y después lo cortó y se lo comió en un solo día». Tampoco terminó bien la historia para el noble Milón, ya que murió a causa de un accidente tonto. Intentando partir el tronco de un árbol, se le quedó la mano atascada en una hendidura realizada para meter la cuña, y así, inmovilizado, se lo comieron las fieras.

Desgraciadamente, como ya estamos acostumbrados desde lo más remoto de la historia, las esculturas y pinturas de Milón reflejan este triste momento, en lugar de sus múltiples hazañas deportivas.

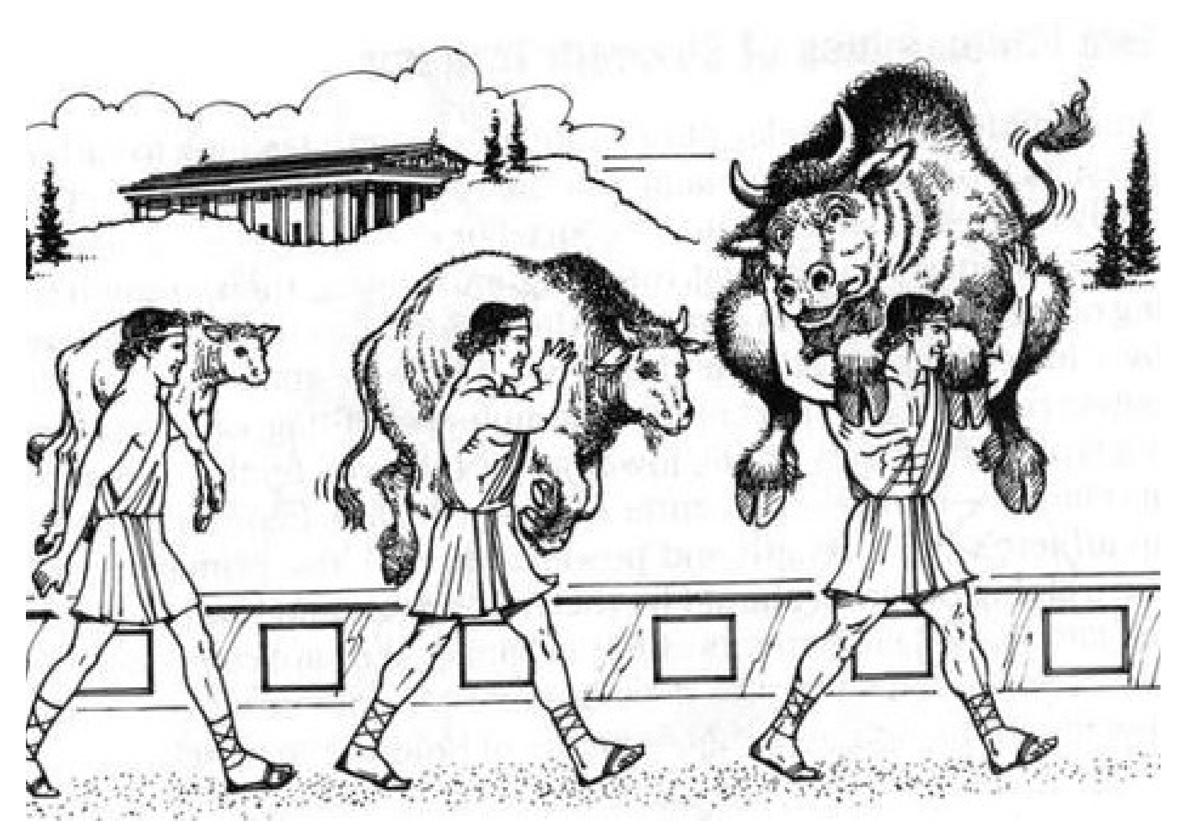


Figura 59: La experiencia de Milón de Crotona, como ejemplo del principio de la progresión en la preparación física.

Bibliografía

Comandancia General de Infantería de Marina: «Infantería de Marina 475 aniversario 1537-2012».

Delgado Noguera, M. A.: *Los Estilos de enseñanza en la Educación Física. Propuesta para una reforma de la enseñanza*, Ed. ICE, Universidad de Granada, 1991.

García Manso, J. M.; Navarro Valdivieso, M. y Ruiz Caballero, J. A.: *Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones*, Madrid: Gymnos, 1996.

Instrucción 304/2001, de 28 de diciembre, del AJEMA: «Fundamentos y conceptos generales de la Organización de la Armada».

Instrucción 52/2009, de 31 de julio, del AJEMA: «La organización de la Fuerza de la Armada».

Norma 01/2013, de 23 de enero del comandante general de la Infantería de Marina sobre evaluación de la preparación física en el ámbito de la Fuerza de Infantería de Marina.

Sánchez, J. L.: *Sobre la guarnición del castillo de Baia y los primeros Tercios de Infantería en 1537*, Researching & Dragona.

Planes de estudios para los cursos de enseñanza de formación y perfeccionamiento para Infantería de Marina, Dirección de Enseñanza Naval.

Real Decreto 1888/1978, de 10 de julio, por el que se ratifica la antigüedad del Cuerpo de Infantería de Marina, BOE n.° 191 de 11 agosto de 1978.

PRUEBAS FÍSICAS DE LOS BOMBEROS DE LA COMUNIDAD DE MADRID

Alberto Lunar de Dios
Bomberos de la Comunidad de Madrid. Unidad de Educación Física

Al hablar de las pruebas físicas en bomberos hemos de diferenciar tres clases de estas. Unas de acceso al cuerpo, otras de promoción interna para ascender en la escala de mandos y las pruebas periódicas para medir la condición física de los integrantes del cuerpo de bomberos, según sus categorías.

A la hora de determinar las pruebas físicas de acceso al cuerpo que se han de realizar y de esa forma seleccionar el perfil de los aspirantes a futuros bomberos u oficiales, hemos de considerar las peculiares y complejas actividades que protagonizan estos profesionales durante sus guardias.

Cualidades físicas necesarias en un bombero

Hemos de tener en cuenta, para empezar a valorar las capacidades necesarias, que para realizar su trabajo, los bomberos en infinidad de ocasiones han de



Figura 60: Bombero especialista trabajando con el equipo de intervención y dos mangueras, con un total de peso añadido de 55 Kg.

cargar con mucho, mucho peso. Hablamos que han de cargar con un mínimo de 22 kg de equipación básica, para poder sobrevivir en los ambientes de fuego y humo donde intervienen.

Si a esos 22 kg les sumamos el peso de las herramientas de trabajo: mangueras, elementos de separación y corte, escalas… nos encontramos que fácilmente el bombero se encuentra cargando con 50-55 kg (figura 60).

Valorando lo anterior, dentro de las pruebas de acceso, tiene que haber varias de estas que midan la fuerza y la fuerza-resistencia (la más importante para un bombero).

Una vez considerada la importancia de la fuerza y de la fuerza-resistencia en nuestro colectivo, aparece, dentro de sus tareas, otra nueva cualidad física fundamental, la resistencia.

Teniendo en cuenta la jornada de trabajo, 24 horas continuadas y la posibilidad de realizar gran número de salidas en esta, con una duración que puede llegar a ser de varias horas y analizando los esfuerzos continuados que realizan, vemos que la resistencia es una cualidad principal y básica para nuestros bomberos. Figura 61.



Figura 61: Incendio en una nave, la intervención puede durar horas hasta que esté el fuego sofocado.

Si tenemos en cuenta que de la Comunidad de Madrid un 52% del total del territorio es terreno forestal y parte de este es montañoso, otras posibilidades de actuación son:

– Búsqueda (persona que se pierde en la sierra de Madrid y llama al 112, alguien que está desaparecido por la zona…).
– Rescate (accidentado en la montaña…).

En estas búsquedas, que duran varias horas, y en los rescates a los que no se puede acceder en otros medios, los bomberos han de recorrer a pie grandes distancias. En estos casos, la capacidad aeróbica es fundamental para resistir la jornada (figura 62).



Figura 62: Rescate en la Sierra de Madrid.

Para terminar con las capacidades físicas básicas de los bomberos, hemos de destacar la resistencia anaeróbica (lactácida). Esta capacidad es demandada en fases de la intervención, en algunos siniestros que precisan una intervención intensa y de duración intermedia (figura 63).



Evolución de las pruebas físicas

Hasta principios de los años 90, los aspirantes a bombero tenían que realizar las siguientes pruebas:

– Carreras de:

  - 2.000 metros en 7' 30'' para bombero y 1.500 metros en 6' para bombero conductor.
  - 60 metros lisos en 8' 30'' para bombero y 60 metros lisos en 9' para bombero conductor.

– Natación: 50 metros en 50'' para bombero y 50 metros en 55'' para bombero conductor.
– Saltos laterales sobre un banco sueco: mínimo 45 repeticiones para bombero y mínimo 40 repeticiones para bombero conductor, en medio minuto para las dos categorías.
– Salto de altura de 90 cm con pies juntos para bombero y 85 cm para bombero conductor. Si se consigue en el primer intento se obtiene una puntuación de 10 y a la 2.ª un 5.

– Levantamiento de pesas (*press* superior) con 40 kg, 8 repeticiones en un tiempo máximo de 40'' para bombero. 8 repeticiones en un tiempo máximo de 45'' para bombero conductor.
– Trepa de una cuerda de 6 metros desde sentado, en menos de 12'' para bombero y 15'' para bombero conductor.

En estas pruebas, la mejor marca determinaba el 10 o nota máxima. Por lo que una vez pasados los aptos (nota de 5) en cada prueba, se calculaba la nota de cada una de ellas de forma proporcional al 5 y al 10 que ya se tenía.

A mediados de los 90 desaparecieron parte de las anteriores y los aspirantes a bombero se enfrentaban a algunas pruebas nuevas.

PRUEBA	Mínimos para bombero	Mínimos para bombero conductor
Carrera (60 m)	8'' 50	9'' 00
Carrera (300 m)	45'' 00	48'' 00
Carrera (2.000 m)	7' 00'' 00	7' 30'' 00
Natación (50 m)	45'' 00	48'' 00
Cuerda (6 m)	11'' 00	13'' 00
Peso (40 kg) en 40''	30 repeticiones	25

En estas pruebas, al igual que en las realizadas en años anteriores, la mejor marca determinaba el 10 o nota máxima y la marca realizada por el opositor en cada prueba determinaba su nota, que se calculaba de forma proporcional al 5 y al 10.

Pruebas físicas actuales de acceso a bombero especialista

El aspirante a bombero ha de hacer 6 ejercicios obligatorios: natación (50 m), subir cuerda de 6 m desde sentado, levantamiento de un peso de 40 kg (*press* banca), carrera 60 m, carrera de 300 m y carrera de 2.000 m.

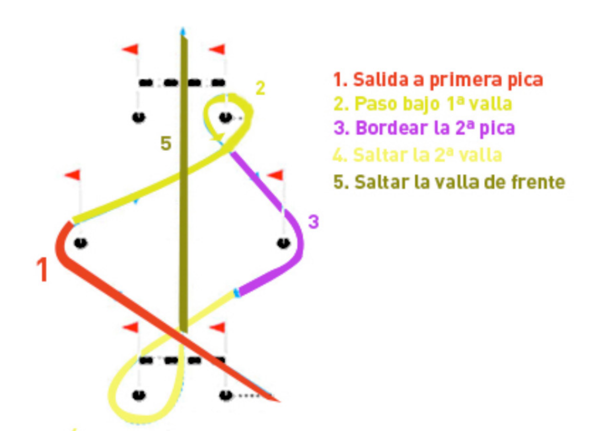
BAREMO DE PRUEBAS FÍSICAS				
PRUEBA	PUESTOS DE BOMBERO		PUESTOS DE BOMBERO CONDUCTOR	
Natación (50 m)	Tiempo	Puntuación	Tiempo	Puntuación
	48" 40 (*)	5	51" 40 (*)	5
	45" 00	6	48" 00	6
	41" 60	7	44" 60	7
	38" 20	8	41" 20	8
	34" 80	9	37" 80	9
	31" 40	10	34" 40	10
Cuerda (6 m)	Tiempo	Puntuación	Tiempo	Puntuación
	12" 65 (*)	5	14" 65 (*)	5
	11" 55	6	13" 55	6
	10" 45	7	12" 45	7
	9" 35	8	11" 35	8
	8" 25	9	10" 25	9
	7" 15	10	9" 15	10
Peso (40 kg) Tiempo máximo: 60"	Repeticiones	Puntuación	Repeticiones	Puntuación
	24 (*)	5	19 (*)	5
	29	6	24	6
	34	7	29	7
	39	8	34	8
	44	9	39	9
	49	10	44	10
Carrera (60 m)	Tiempo	Puntuación	Tiempo	Puntuación
	8" 76 (*)	5	9" 26 (*)	5
	8" 50	6	9" 00	6
	8" 24	7	8" 74	7
	7" 98	8	8" 48	8
	7" 72	9	8" 22	9
	7" 46	10	7" 96	10
Carrera (300 m)	Tiempo	Puntuación	Tiempo	Puntuación
	46" 60 (*)	5	49" 60 (*)	5
	45" 00	6	48" 00	6
	43" 40	7	46" 40	7
	41" 80	8	44" 80	8
	40" 20	9	43" 20	9
	38" 60	10	41" 60	10
Carrera (2.000 m)	Tiempo	Puntuación	Tiempo	Puntuación
	7' 10" 00 (*)	5	7' 40" 00 (*)	5
	7' 00" 00	6	7' 30" 00	6
	6' 50" 00	7	7' 20" 00	7
	6' 40" 00	8	7' 10" 00	8
	6' 30" 00	9	7' 00" 00	9
	6' 20" 00	10	6' 50" 00	10

Donde (*) es la marca mínima a realizar en cada prueba.

La variación más destacable frente a procesos selectivos realizados en convocatorias anteriores es que actualmente todas las marcas están baremadas previamente. La nota máxima (el 10) lo determinamos antes de las pruebas. El motivo es evitar el sobreentrenamiento de los opositores y las lesiones que pudiesen aparecer por este. Esto ocurre cuando no hay un límite en la prueba y este límite lo marca el mejor registro. Como ejemplo, el *press* de banca con 40 kg donde existen registros de 66 repeticiones en 40'' (ahora limitamos el 10 a 49 y 44 repeticiones dando 60'' para realizar la prueba). En la cuerda de 6 m se ascendía en menos de 5 segundos partiendo desde sentados en la colchoneta (ahora los dieces son 7'' 15 y 9'' 15).

Valorando las marcas obtenidas en la última oposición, creo que sería conveniente, a medio plazo, ajustar ciertas marcas (los dieces) en alguna de las pruebas.

También creo necesario sumar una prueba de agilidad, similar a esta:



La agilidad es una cualidad física imprescindible a la hora de intervenir en los siniestros a los que se enfrentan los bomberos.

Mujeres y pruebas físicas

Dadas las peculiaridades del trabajo de bombero y la exigencia en las pruebas físicas, a la oposición de acceso al cuerpo se presentan pocas mujeres.

Teniendo en cuenta lo anterior, solo un pequeño número de mujeres llegan a las pruebas físicas de acceso (la primera selección es el examen teórico).

Las que llegan a las físicas han de realizar las mismas pruebas y una vez pasado el 5 o marca mínima, la misma que para hombres, se les bonifica con un 20% sobre la nota que hayan alcanzado.

Actualmente, en el cuerpo de bomberos de la Comunidad de Madrid, contamos con 7 bomberas, una oficial de bomberos y la jefa del cuerpo, Pilar Hernán.

Pruebas físicas para acceder al cuerpo de bomberos en la categoría de oficial

Dado que al desarrollar su trabajo, los oficiales realizan actividades de menor exigencia física, sus pruebas son también menos exigentes que las de bombero.

Pruebas	2.000 m	300 m	Subir cuerda: 6 m partiendo de pie	*Press* banca con 30 kg	Natación: 50 m
Marcas	9’	55’’	11’’	15 repetic.	1’

Pruebas físicas de promoción interna dentro del cuerpo de bomberos (jefe de dotación, jefe de equipo...)

Se realiza la prueba de los 2.000 m según categorías y edades.
En algunos casos, según la categoría a promocionar, a la prueba de 2.000 m se le suma un *press* de banca.

Pruebas físicas de mantenimiento del personal del cuerpo de bomberos

A día de hoy toda la plantilla realiza 2.000 m en pista. Para el 2015 pensamos realizar dos pruebas más: dominadas y *press* de banca con 40 kg en un minuto, con diferente número de repeticiones a ejecutar, según edades y categorías.

TIEMPO RECOMENDADO PARA 2.000 M DE BOMBEROS

Categoría	menos de 30 años	30 a 34 años	35 a 39 años	40 a 44 años	45 a 49 años	50 a 54 años	55 a 59 años	60 años o más
INS, jefe cuerpo	10’ 30’’	10’ 50’’	11’ 10’’	11’ 30’’	11’ 50’’	12’ 10’’	12’ 30’’	analizar cada
OF/JS	9’ 30’’	9’ 50’’	10’ 10’’	10’ 30’’	10’ 50’’	11’ 10’’	11’ 30’’	caso de forma
JD/JE/ bombero	8’	8’ 15’’	8’ 30’’	8’ 45’’	9’	9’ 15’’	9’ 30’’	individual

No operativo para cualquier categoría y edad: superar 12’ 00’’.

La edad de jubilación de los bomberos es de 60 años, pero en algunos casos (mandos) se puede dar el caso de personal con más edad.

COMUNICACIONES
EN FORMATO DE PÓSTER



Figura P 00. POSTER n°00 ATENCIÓN Y EEG CUANTIFICADO EN SIMULACIÓN DE ACTIVIDADES DEL PERSONAL DE LAS FUERZAS ARMADAS (FIGURA P 00).

Sebastián MV1, Navascués MA2, Ruiz C1, Iso JM1, Arcos C3, Arana MV3, Orna C1.

1 Centro Universitario de la Defensa / Academia General Militar (Zaragoza) msebasti@unizar.es; 2 EINA (Zaragoza); 3 Hospital General de la Defensa (Zaragoza).

ATENCIÓN Y EEG CUANTIFICADO EN SIMULACIÓN DE ACTIVIDADES DEL PERSONAL DE LAS FUERZAS ARMADAS (FIGURA P00)

Sebastián, M. V.,[1] Navascués, M. A.,[2] Ruiz, C.,[1] Iso, J. M.,[3] Arcos, C.,[4] Arana, M. V.,[4] Orna, C.[1]
[1] Profesor Centro Universitario de la Defensa. Academia General Militar, Zaragoza, <msebasti@unizar.es>.
[2] Profesor. EINA, Universidad de Zaragoza.
[3] Profesor Academia General Militar de Zaragoza.
[4] Cte. Médico y DUE, Hospital General de la Defensa de Zaragoza.

Premio a la mejor comunicación en formato póster del simposio

Introducción

Hans Berger descubrió en 1924 las oscilaciones del potencial eléctrico del cerebro humano, cuyo trazo se denomina electroencefalograma (EEG) desde entonces. La importancia de la electroencefalografía se basa en el hecho de que proporciona información útil de la función cerebral normal y patológica que por mera inspección visual no puede ser descubierta [1, 2]. Así, interpretar una señal electroencefalográfica considerada como una serie temporal de observaciones es tarea complicada.

Se necesitan, por tanto, métodos cuantitativos para construir descriptores de calidad que determinen las características del EEG y permitan establecer comparaciones entre varios registros. Hasta hace un tiempo el estudio espectral de señales EEG solo se llevaba a cabo por medio del algoritmo de la transformada rápida de Fourier. Hoy en día, el desarrollo de programas computacionales avanzados permite la aplicación de procedimientos de carácter analítico, junto con métodos numéricos para la representación de dichas señales. Por ejemplo, nuestro grupo ha propuesto técnicas de reconstrucción del EEG por medio de funciones de interpolación fractal y ha aplicado dichas técnicas al estudio de niños con trastorno por déficit de atención con hiperactividad [3].

Objetivo

Este trabajo es parte del proyecto de investigación financiado por el Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza (ID: 2013-16) en el que se proponen métodos no invasivos y de bajo coste computacional provenientes de la dinámica no lineal, de la teoría del caos y del análisis espectral para estudiar las señales EEG recogidas a los miembros de las Fuerzas Armadas en situaciones propias de la vida militar que requieren alerta. Con estos métodos se pretende mejorar la comprensión de las bases patofisiológicas de la atención/concentración, así como cuantificar la influencia de la privación de sueño en las

distintas tareas de atención. Como objetivo a largo plazo, se podría estudiar la inclusión en los cascos de los equipos de las FAS de algún dispositivo que permita alertar en caso de perder la concentración en tareas que requieran máxima atención.

Material y métodos

En este momento el proyecto se encuentra en la fase inicial, en la que se están recogiendo en el Hospital General de la Defensa de Zaragoza las señales electroencefalográficas del personal de las FAS que voluntariamente se ha ofrecido a colaborar:

- 15 caballeros/damas cadetes alumnos de la Academia General Militar de Zaragoza.
- 20 oficiales y suboficiales de la Academia General Militar y del Hospital General de la Defensa de Zaragoza.

Para cada sujeto se han recogido las siguientes señales de 3 minutos de duración cada una de ellas:

- EEG en reposo con ojos cerrados.
- EEG en reposo con ojos abiertos.
- EEG mientras se simula en un iPad la conducción de un carro de combate (t1).
- EEG mientras se realiza la simulación t1 y se reciben estímulos externos (t2).
- EEG mientras el sujeto vuelve a manejar el simulador ya sin distracciones (t3).
- EEG en reposo con ojos abiertos.

La señal electroencefalográfica de cada sujeto se graba con un equipo ambulatorio digital que usa el *software* Compumedics Limited Profusion EEG 4. El montaje es monopolar (con electrodos de Ag/AgCl) y se utilizan 16 canales del sistema 10-20 internacional de Jasper referenciados a Cz. Nuestro equipo ha desarrollado un *software* para la obtención de los distintos cuantificadores de la señal EEG. El cálculo numérico de los cocientes de Fourier [4] permite reconstruir la señal, obtener curvas de aproximación de la misma y procesar parámetros.

Resultados

De momento se han obtenido los cocientes numéricos de Fourier del primer segundo del tercer minuto del registro EEG de un sujeto en reposo con ojos cerrados y durante la tarea de simulación de conducción del carro de combate, en los canales correspondientes a las áreas frontales, occipitales y tem-

porales (F7, F8, O1, O2, T5, T6). A partir de dichos cocientes se han calculado la frecuencia media, los exponentes del test y la dimensión fractal.

Discusión

Los resultados obtenidos muestran un aumento considerable en la frecuencia media al comparar los EEG basales en reposo con ojos cerrados con la tarea de simulación, en los canales correspondientes a las áreas occipitales y temporales. Los valores obtenidos para esta frecuencia alcanzan claramente la banda beta. Es decir, el contenido espectral de la señal se desplaza a frecuencias más altas. Esto se explica por la activación de la zona temporal del cerebro (corteza auditiva primaria) debido al sonido del simulador, así como del área visual primaria, ambas involucradas en la tarea. Respecto a la dimensión fractal se observa un incremento del valor en las áreas occipitales y temporales durante la ejecución de la simulación.

Conclusiones

Se puede concluir que los parámetros de cuantificación del EEG que están siendo utilizados para analizar las señales electroencefalográficas recogidas hasta ahora a los miembros de las FAS muestran las diferencias de activación de las áreas involucradas en las distintas tareas de atención.

Esperamos que los resultados obtenidos al analizar el conjunto total de registros siga en la misma línea y permita poner de manifiesto las diferencias entre las distintas tareas de atención.

Bibliografía

[1] Basar, E.; Basar-Eroglu, C.; Roschke, J. y Shultz, J.: *Models of Brain Function*, Ed. R.M.J. Cotterill, Cambridge Univ. Press, 1989.

[2] Mouz e-Amady, M. y Horwat, F.: *Electroencephalogr Clin. Neurophysiol* 101, 1996, pp. 181-183.

[3] Navascués, M. A. y Sebastián, M. V.: «Thinking in Patterns: Fractals and Related Phenomena», en *Nature World Sci*, 2004, pp. 143-154.

[4] Hsu, H. P.: *Fourier Analysis*, Nueva York: Simon & Schuster, 1970.

[5] Navascués, M. A. y Sebastián, M. V.: *Journal of Comp Analysis and Appl* 9(3), 2007, pp. 271-285.

[6] Navascués, M. A. y Sebastián, M. V.: *Fractals* 11(1), 2003, pp. 1-7.

DIFERENCIAS EN LA FATIGA MECÁNICA INDUCIDA POR DOS EJERCICIOS EN EL METABOLISMO DE TRANSICIÓN AERÓBICO-ANAERÓBICO: CICLOERGÓMETRO VS. MEDIA SENTADILLA

Garnacho-Castaño MV[1], Domínguez Herrera R[2], Hernández Lougedo J [2], Muñoz González A[2], Gimeno Raga M[1], Sánchez-Nuño S[1], Ruiz Solano P[2], Martín Cordero J[1], Maté-Muñoz JL[2].
[1] Universidad de Barcelona.[2] Universidad Alfonso X el Sabio. Madrid.



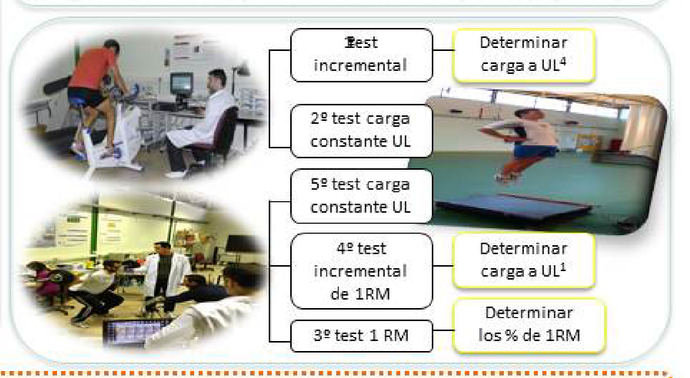
Universidad Europea
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

INTRODUCCIÓN

Son pocos los estudios realizados en los ejercicios con resistencias[1] (RT) en el metabolismo de transición aeróbico-anaeróbico, conocido como umbral láctico[2] (UL). Quizás, porque el RT depende primariamente del metabolismo anaeróbico, dificultando la estabilidad de las respuestas metabólicas. El UL se define como la intensidad en el ejercicio incremental donde las concentraciones de lactato aumentan exponencialmente, coincidiendo con una eventual fatiga muscular[3]. El objetivo del estudio fue comparar la fatiga mecánica inducida por dos ejercicios, en un test a carga constante a intensidad de UL: Cicloergómetro VS. Media sentadilla (MS).

MATERIAL Y MÉTODOS

Participaron 9 jóvenes sanos y activos. Realizaron 5 sesiones con un tiempo de recuperación entre cada una de 48 horas. 2 pruebas para determinar el UL en cicloergómetro y 3 en MS. Ambos test a carga constante a intensidad de UL duraron 31 minutos. La fatiga mecánica fue cuantificada mediante las pérdidas de altura de vuelo y potencia media medidas en el salto con contramovimiento (CMJ), antes del comienzo y una vez finalizadas ambas pruebas (2º y 5º test).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

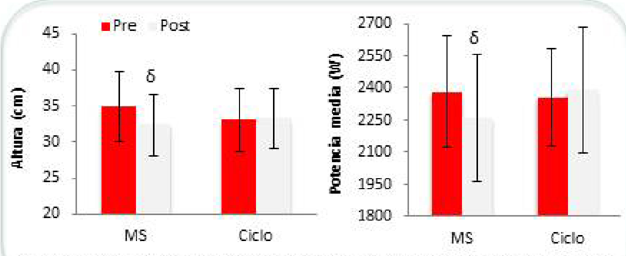


Figura 1. Diferencias en la capacidad de salto pre-postest. (δ pérdidas significativas, p<0.05)

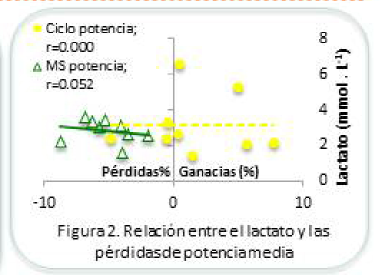


Figura 2. Relación entre el lactato y las pérdidas de potencia media

Sólo se observaron pérdidas significativas en la altura de vuelo y potencia media en la MS. Probablemente, las diferencias encontradas sean debidas a la mayor exigencia que conlleva la fase excéntrica en el ejercicio de MS, lo que induce a un mayor daño muscular en los extensores de la rodilla[5].

CONCLUSIONES

Realizando ambos test a la misma carga de trabajo a intensidad de UL, y a pesar de mantenerse las concentraciones de lactato estables en ambos ejercicios, sólo se produjo fatiga mecánica en el ejercicio de la MS (Fig.2).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. De Sousa NM, Magosso RF, Pereira GB, Souza MV, Vieira A, Marine DA, Pérez SE, Baldissera V. Acute cardiorespiratory and metabolic responses during resistance exercise in the lactate threshold intensity. Int J Sports Med 2012; 33(2): 108-13.
2. Brooks GA. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. Med Sci Sports Exerc 1985; 1: 22-31.
3. Svedahl K, MacIntosh BR. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. Can J Appl Physiol 2003; 28: 299–323.
4. Weltman A, Snead D, Stein P, Seip B, Schurrer B, Rutt B, Weltman J. Reliability and validity of a continous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and VO2max. Int J Sports Med 1990; 11: 26-32.
5. Byrne C, Eston R. The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. J Sports Sci 2002; 20: 417-25.

Figura P 01. POSTER n°01 DIFERENCIAS EN LA FATIGA MECÁNICA INDUCIDA POR DOS EJERCICIOS EN EL METABOLISMO DE TRANSICIÓN AERÓBICO-ANAERÓBICO: CICLOERGÓMETRO VS MEDIA SENTADILLA (FIGURA P 01) Garnacho-Castaño MV1, Domínguez Herrera R2, Hernández Lougedo J 2, Muñoz González A2, Gimeno Raga M1, Sánchez-Nuño S1, Ruiz Solano P2, Martín Cordero J1, Maté-Muñoz JL2. 1 Universidad de Barcelona.2 Universidad Alfonso X el Sabio. Madrid.

DIFERENCIAS EN LA FATIGA MECÁNICA INDUCIDA POR DOS EJERCICIOS EN EL METABOLISMO DE TRANSICIÓN AERÓBICO-ANAERÓBICO: CICLOERGÓMETRO VS. MEDIA SENTADILLA (FIGURA P01)

Garnacho-Castaño, M. V.,[1] Domínguez Herrera, R.,[2] Hernández Lougedo, J.,[2] Muñoz González, A.,[2] Gimeno Raga, M.,[1] Sánchez-Nuño, S.,[1] Ruiz Solano, P.,[2] Martín Cordero, J.,[1] Maté-Muñoz, J. L.[2]
[1] Universidad de Barcelona.
[2] Universidad Alfonso X el Sabio. Madrid.

Introducción

Son pocos los estudios realizados en los ejercicios con resistencias (RT) [1] en el metabolismo de transición aeróbico-anaeróbico, conocido como umbral láctico (UL) [2]. Quizá, porque el RT depende primariamente del metabolismo anaeróbico, dificultando la estabilidad de las respuestas metabólicas. El UL se define como la intensidad en el ejercicio incremental donde las concentraciones de lactato aumentan exponencialmente, coincidiendo con una eventual fatiga muscular [3]. El objetivo del estudio fue comparar la fatiga mecánica inducida por dos ejercicios, en un test a carga constante a intensidad de UL: cicloergómetro vs. media sentadilla (MS).

Material y métodos

Participaron 9 jóvenes sanos y activos. Realizaron 5 sesiones con un tiempo de recuperación entre cada una de 48 horas. 2 pruebas para determinar el UL en cicloergómetro y 3 en MS. Ambos test a carga constante a intensidad de UL duraron 31 minutos. La fatiga mecánica fue cuantificada mediante las pérdidas de altura de vuelo y potencia media medidas en el salto con contramovimiento (CMJ), antes del comienzo y una vez finalizadas ambas pruebas (2.° y 5.° test).

Resultados y discusión

Solo se observaron pérdidas significativas en la altura de vuelo y potencia media en la MS. Probablemente, las diferencias encontradas sean debidas a la mayor exigencia que conlleva la fase excéntrica en el ejercicio de MS, lo que induce a un mayor daño muscular en los extensores de la rodilla [5].

Conclusiones

Realizando ambos test a la misma carga de trabajo a intensidad de UL, y a pesar de mantenerse las concentraciones de lactato estables en ambos ejercicios, solo se produjo fatiga mecánica en el ejercicio de la MS (figura 2).

Bibliografía

[1] Sousa, N. M. de; Magosso, R. F.; Pereira, G. B.; Souza, M. V.; Vieira, A.; Marine, D. A.; Pérez, S. E. y Baldissera, V.: «Acute cardiorespiratory and metabolic responses during resistance exercise in the lactate threshold intensity», en *Int J Sports Med*, 2012, 33(2):108-13.

[2] Brooks, G. A.: «Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research», en *Med Sci Sports Exerc*, 1985, 1:22-31.

[3] Svedahl, K. y MacIntosh, B. R.: «Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement», en *Can J Appl Physiol*, 2003, 28:299-323.

[4] Weltman, A.; Snead, D.; Stein, P.; Seip, B.; Schurrer, B.; Rutt, B. y Weltman, J.: «Reliability and validity of a continous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and VO_2max», en *Int J Sports Med*, 1990, 11:26-32.

[5] Byrne, C. y Eston, R.: «The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance», en *J Sports Sci*, 2002, 20:417-25.



Figura P 02. POSTER n°02 EFECTOS DE UN MESOCICLO DE ENTRENAMIENTO BASADO EN VOLUMEN E INTENSIDAD EN LA FUERZA DE LA MUSCULATURA DEL TREN INFERIOR (FIGURA P 02)González, B1,2. Delgado-Moreno, R2. Ortega, J2. Ramos-Campo, D2,3. & Clemente-Suarez, V2,4. beatriz.gonzalez.gomez@hotmail.com1Universidad de Castilla-La Mancha.2 Club Triatlón Tritoledo. 3Universidad Católica de Murcia.4 Universidad Europea de Madrid.

EFECTOS DE UN MESOCICLO DE ENTRENAMIENTO BASADO EN VOLUMEN E INTENSIDAD EN LA FUERZA DE LA MUSCULATURA DEL TREN INFERIOR (FIGURA P02)

González, B.,[1,2] Delgado-Moreno, R.,[2] Ortega, J.,[2] Ramos-Campo, D.,[2,3] y Clemente-Suárez, V.[2,4] <beatriz.gonzalez.gomez@hotmail.com>
[1] Universidad de Castilla-La Mancha.
[2] Club Triatlón Tritoledo.
[3] Universidad Católica de Murcia.
[4] Universidad Europea de Madrid.

Introducción

Los cambios en la composición corporal, así como una mejora en la potencia del tren inferior, se ven relacionados con un menor gasto energético; lo que se asocia a un aumento de la economía de carrera (Dumke *et al.*, 2010).

Objetivos

Valorar la efectividad de un mesociclo de entrenamiento en triatlón basado en el desarrollo de volumen vs. intensidad en la fuerza de la musculatura de tren inferior.

Metodología

32 triatletas (25,4 ± 8,1 años; 170,9 ± 7,0 cm; 66,1 ± 8,6 kg) fueron divididos aleatoriamente en 3 grupos: GI: entrenamiento basado en la intensidad (1399,4 TRIMPS); GV: entrenamiento basado en volumen (1750,9 TRIMPS); GC: grupo control (480,0 TRIMPS). Antes y después del mesociclo de entrenamiento los sujetos realizaron un salto longitudinal para evaluar la fuerza explosiva del tren inferior.

Resultados

No se encontraron diferencias significativas entre los resultados antes y después del mesociclo de entrenamiento en ningún grupo (GI: 170,9 ± 19,0 m vs. 167,0 ± 13,7 m; GV: 174,5 ± 21,5 m vs. 169,3 ± 25,5; GC: 167,0 ± 23,0 m vs. 169,0 ± 24,7 m).

Discusión

Tras un periodo de 4 semanas de entrenamiento ambos modelos de entrenamiento no afectaron a la fuerza explosiva del tren inferior. Analizando la cuantificación de la carga (TRIMPS), podemos observar una mayor eficiencia

del GI con respecto al GV ya que obtuvo las mismas adaptaciones con menor TRIMPS. Probablemente la corta duración del programa ha podido influir en la falta de cambios significativos en los resultados de este estudio, al igual que en el estudio realizado con corredores por Clemente *et al.* (2014) en el que la fuerza isocinética y rendimiento del salto vertical tampoco se modificaron.

Conclusión

Tanto un programa de entrenamiento de 4 semanas basado en el volumen como en la intensidad no producen modificaciones en la fuerza explosiva de piernas.

Bibliografía

Clemente, V. J.; González, J. M. y Navarro, F.: «Short-term periodized aerobic training does not attenuate strengh capacity or jump performance in cre-ational endurance atheletes», en *Acta physiologica hungaria* 101, 2014, pp. 1-12.

Dumke, C. L.; Pfaffenroth, C. M.; McBride, J. M. y McCauley, G. O.: «Relationship Between Muscle Strength, Power and Stiffness and Running Economy in Trained Male Runners», en *International Journal of Sports Physiology and Performance* 5, 2010, pp. 249-261.

TRANSICIÓN AERÓBICA-ANAERÓBICA EN UN EJERCICIO DE MEDIA SENTADILLA: UN ESTUDIO PILOTO.

José Luis Maté Muñoz[1], Raúl Domínguez Herrera[1], Juan Hernández Lougedo[1], Arturo Muñoz González[1], Pablo Veiga Herreros[1], Pedro Ruiz Solano[1], Manuel V. Garnacho Castaño[2].

[1] Universidad Alfonso X El Sabio, Madrid
[2] Universidad de Barcelona, Barcelona.

UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO

II SIMPOSIO INTERNACIONAL sobre ENTRENAMIENTO para AMBIENTES EXTREMOS

Universidad Europea LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

Introducción

El entrenamiento de fuerza (EF) es efectivo para incrementar la fuerza, hipertrofia, potencia y resistencia muscular local, además de prevenir lesiones [1]. Para lograr estos objetivos y optimizar el rendimiento, será necesario ajustar las cargas de entrenamiento a cada persona [2]. Una forma de conseguirlo es calculando una carga relativa en porcentaje de una repetición máxima (1RM) [3]. Otra forma de prescribir cargas de trabajo es usando la velocidad del movimiento como indicador de carga relativa en un determinado ejercicio sin necesidad de realizar test de 1RM [2]. A diferencia de los ejercicios de EF, en los deportes de resistencia como las carreras de atletismo, ciclismo o natación, el umbral anaeróbico se utiliza a menudo como indicador de la carga de entrenamiento, y puede determinarse mediante varios métodos [4]. Uno de estos métodos es localizar el Umbral Láctico (UL) [5,6,7], que se define como el primer aumento en la concentración de lactato en sangre por encima de los niveles de reposo durante el ejercicio incremental [8]. El UL está asociado con una intensidad baja/moderada en atletas de alto nivel [9,10], y se ha descrito como una intensidad que puede ayudar a mejorar la capacidad cardiorrespiratoria en deportistas recreacionales y en pacientes con varias enfermedades crónicas [11,12], ya que marca el límite superior de un metabolismo casi exclusivamente aeróbico, permitiendo que el ejercicio pueda durar horas. El LT también podría ser un buen indicador para evaluar y prescribir cargas en entrenamientos de fuerza ya que, el aumento de lactato en sangre se relacionaría con una mayor utilización de la vía anaeróbica. Sin embargo, son muy pocos los estudios que han calculado el UL para el EF [13,14]. Una razón podría ser que el EF con cargas bajas y moderadas (40%-70% 1RM) es dependiente del metabolismo anaeróbico utilizando glucógeno muscular como fuente energética principal [15]. Esto indicaría que al realizar un RT con cargas bajas (~ 40% 1RM), los niveles de lactato en sangre serían elevados desde el inicio del ejercicio, encontrando dificultad para determinar el UL. Recientemente se ha desarrollado una nueva metodología para prescribir cargas de trabajo en un ejercicio en prensa de piernas a intensidad de UL. En dicho estudio, identificaron el UL y el umbral ventilatorio 1 (UV_1) [16], además de analizar las respuestas del ese ejercicio a una carga constante de UL, Actualmente, no hay en la literatura ningún estudio de este tipo en un ejercicio en media sentadilla (MS).

Objetivos

1. El primer objetivo será demostrar que se puede calcular el UL y el UV_1 en la MS a través de la realización de un test incremental de fuerza, analizando si se producen a la misma carga de trabajo.
2. El segundo objetivo será analizar las respuestas cardiorrespiratorias y metabólicas del ejercicio discontinuo en MS a una carga constante de UL.

Material y Métodos

Participantes

16 hombres sanos participaron en el estudio después de firmar el consentimiento informado. Se excluyeron a los atletas de élite así como aquellos que se suplementaban con algún tipo de medicación o esteroides anabolizantes. Además, para poder participar en el estudio debían de tener un mínimo de 150 kg en el test de 1RM en MS (**Tabla 1**). Aunque los sujetos tenían una experiencia mínima de 6 meses en EF y todos ellos sabían realizar la MS, fueron instruidos para realizar el ejercicio correctamente teniendo en cuenta las siguientes indicaciones: 1) cada repetición tenía que durar 2 s, 1 s para la fase excéntrica y 1 s para la fase concéntrica, controlándose por comandos visuales y acústicos emitidos por un metrónomo, 2) el movimiento de MS tenía que ser hasta llegar a un ángulo de 85-95º grados.

Análisis Estadístico

Se aplicó un test t Pareado para comparar la intensidad a la que se produce el UL y el UV_1. Se usó la correlación de Pearson entre el UL y el UV_1. Para encontrar diferencias significativas entre el final del ejercicio y el resto de las mediciones realizadas de las variables cardiorrespiratorias y metabólicas durante el ejercicio a carga constante, se realizó un ANOVA de medidas repetidas para el factor tiempo. En el caso de encontrar diferencias significativas entre la S21 y el resto de series, se aplicó el test post-hoc de Bonferroni. Datos expresados en media (M) y desviación estándar (DE). Nivel de significación estadística P<0,05. Se usó el programa informático SSPS 18.0 (SPSS, Chicago, Ill).

Tabla 1. M y SD de las variables Edad, Peso, Altura y 1RM.

Variables	M ± SD
Sujetos	n=16
Edad (años)	21.4±1.8
Peso (kg)	79.6±7.9
Altura (cm)	179.9±5.5
1RM (kg)	187.63±37.8

Material y Métodos

30 repeticiones (2 segundos cada rep) + 2 minutos descanso

Se midió lactato en sangre capilar

Se midió el intercambio gaseoso

10, 20, 25, 30, 35, 40% 1RM

21 series x 15 repeticiones / recuperación 1 minuto = 31 minutos y 30 seg

1 repetición = 2 seg

Lactato, frecuencia cardíaca (FC), ventilación (VE), consumo de oxígeno (VO_2), producción de dióxido de carbono (VCO_2), Tasa de intercambio respiratorio (RER); Serie 3 (S3), S6, S9, S12, S15, S18, S21

1ª Sesión: Test de 1RM

2ª Sesión: Test Incremental con Resistencias

3ª Sesión: Test con Resistencias a carga constante

Resultados

Se identificó el UL y el UV_1 en todos los sujetos (**Figura 1** y **2**). Realizando el método de ajuste algorítmico [14], la intensidad media para el UL fue de 23.5 ± 4.4% of 1RM, y de 24.4 ± 4.8% of 1RM para el UV_1, no hallando diferencias significativas entre ambos métodos (t = -1.618, P = 0.127), hallando una correlación positiva entre los 2 métodos, siendo estadísticamente significativo (r = 0.880, P < 0.001). La asociación de estos dos métodos es muy fuerte, ya que supera |r|> 0,80.

LT=23.5% 1RM

LACTATO (mm·L-1)

Intensidad relativa (%)

Figura 1

En las **Figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8** se muestra la comparación Post Hoc después de realizar el ANOVA con medidas repetidas entre el valor de la última serie y el resto de series, del lactato en sangre, FC, VO_2, VCO_2, VE y RER. El lactato en sangre no mostró diferencias significativas entre las S3 y S21 (3.2 ± 1.3 mmol·L-1 y 3.5 ± 0.8 mmol·L-1 respectivamente, P = 1.000). Para la FC, el valor en la S21 (130.56 ± 12.3 bpm) presenta diferencias significativas desde el inicio de la prueba (104.1 ± 10.6 lpm) hasta la S12 (125.1 ± 13.9 lpm), con un valor de P < 005. Desde la S15 hasta el final de la prueba (S21), no aparecen diferencias significativas (P > 1.000).

VT=24.4% 1RM

VE (L·min-1)

Intensidad relativa (%)

Figura 2

LACTATE (mmol·L-1) — Sets of exercise — Figura 3

HR (bpm) — Sets of exercise — Figura 4

VO2 (L·min-1) — Sets of exercise — Figura 5

VCO2 (L·min-1) — Sets of exercise — Figura 6

VE (L·min-1) — Sets of exercise — Figura 7

RER — Sets of exercise — Figura 8

Discusión y Conclusiones

Fue posible identificar el UL y el UV_1 durante un test incremental de ejercicio de fuerza como la MS. Además, existe una correlación positiva entre el UL y el UV_1, demostrando que ambas metodologías obtienen su puntos de ruptura a similares cargas de trabajo. Por tanto, el cálculo del UL y el UV_1 en MS mediante este protocolo discontinuo podría separar dos fases fisiológicas; la fase I, en la cual la intensidad de ejercicio depende principalmente del metabolismo aeróbico, y la fase II, dónde el lactato en sangre se eleva en respuesta a una mayor utilización de la glucólisis anaeróbica para asumir una mayor carga de trabajo, y dónde la VE se incrementa exponencialmente en respuesta a un aumento del VCO_2 debido al tamponamiento del H^+ por los sistemas buffer (principalmente sistema $HCO3^-$) [17]. Estas zonas de intensidad de esfuerzo corresponderían a las zonas descritas en un ejercicio de resistencia por Kindermann et al. [18] y Skinner y McLellan (1980) [17, 19]. A partir de aquí, obteniendo estas cargas de trabajo, se podrían prescribir zonas de EF mediante la predominancia de un metabolismo específico dependiendo del objetivo que se quiera conseguir, tanto en atletas de alto nivel, como en adultos sanos y/o con algún tipo de patología.

Además, se produce una estabilización de todos los parámetros cardiorrespiratorios y metabólicos a una intensidad constante de LT en HS durante algo más de 30 min de ejercicio discontinuo, siendo un protocolo adecuado para controlar la intensidad. Esto es posible porque la carga de trabajo utilizada está en el límite de un metabolismo predominantemente aeróbico, produciendo un equilibrio entre la aparición y la eliminación del lactato en sangre.

Bibliografía

1. Fleck SJ, Falkel JE (1986) Value of resistance training for the reduction of sports injuries. Sports Med 3: 61–8.
2. González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L (2010) Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. Int J Sports Med 31: 347–5.
3. Fry AC (2004) The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. Sports Med 34: 663–679.
4. Bosquet L, Léger L, Legros P (2002) Methods to determine aerobic endurance. Sports Med 32: 675–700.
5. Weltman A, Snead D, Stein P, Seip R, Schurrer R, et al. (1990) Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and VO_{2max}. Int J Sports Med 11: 26–32.
6. McMorris T, Sproule J, Draper S, Child R, Sexsmith JR, et al. (2000) The measurement of plasma catecholamine and lactate thresholds: a comparison of methods. Eur J Appl Physiol 82: 262–267.
7. Ribeiro JP, Cadavid E, Baena J, Monsalvete E, Barna A, et al. (1990) Metabolic predictors of middle-distance swimming performance. Br J Sports Med 24: 196–200.
8. Meyer T, Lucia A, Earnest CP, Kindermann W (2005) A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters – theory and application. Int J Sports Med 26 (Suppl 1): S38–S4.
9. Lucía A, Hoyos J, Chicarro JL (2001) Physiology of professional road cycling. Sports Med 31: 325–337.
10. Meyer T, Faude O, Urhausen A, Scharhag J, Kindermann W (2004) Different effects of two regeneration regimens on immunological parameters in cyclists. Med Sci Sports Exerc 36: 1743–1749.
11. Meyer T, Görge G, Schwaab B, Hildebrandt K, Walldorf J, et al. (2005) An alternative approach for exercise prescription and efficacy testing in patients with chronic heart failure: a randomized controlled training study. Am Heart J 149: e1–7.
12. Maté-Muñoz JL, Moran M, Pérez M, Chamorro-Viña C, Gómez-Gallego F, et al. (2007) Favorable responses to acute and chronic exercise in McArdle patients. Clin J Sport Med 17: 297–303.
13. Moreira SR, Arsa G, Oliveira HB, Lima LC, Campbell CS, et al. (2008) Methods to identify the lactate and glucose thresholds during resistance exercise for individuals with type 2 diabetes. J Strength Cond Res 22: 1108–1115.
14. de Sousa NMF, Magosso RF, Pereira GB, Leite RD, Arakelian VM, et al. (2011) The measurement of lactate threshold in resistance exercise: a comparison of methods. Clin Physiol Funct Imaging 31: 376–381.
15. Collins MA, Cureton KJ, Hill DW, Ray CA (1989) Relation of plasma volume change to intensity of weight lifting. Med Sci Sports Exerc 21: 178–185.
16. de Sousa NMF, Magosso RF, Pereira GB, Souza MV, Vieira A, et al. (2012) Acute Cardiorespiratory and metabolic responses during resistance exercise in the lactate threshold intensity. Int J Sports Med 33: 108–13.
17. Wasserman K, McIlroy MB (1964) Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. Am J Cardiol 14: 844–852.
18. Kindermann W, Simon G, Keul J (1979) The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. Eur J Appl Physiol 42: 25–34.
19. Skinner JS, McLellan TH (1980) The transition from aerobic to anaerobic metabolism. Res Q Exerc Sport 51: 234–248.

Figura P 03. POSTER nº03 TRANSICIÓN AERÓBICA-ANAERÓBICA EN UN EJERCICIO DE MEDIA SENTADILLA: UN ESTUDIO PILOTO (FIGURA P 03)José Luis Maté Muñoz1, Raúl Domínguez Herrera1, Juan Hernández Lougedo1, Arturo Muñoz González1, Pablo Veiga Herreros1, Pedro Ruiz Solano1, Manuel V. Garnacho Castaño2. 1 Universidad Alfonso X El Sabio, Madrid. 2 Universidad de Barcelona, Barcelona.

TRANSICIÓN AERÓBICA-ANAERÓBICA EN UN EJERCICIO DE MEDIA SENTADILLA: UN ESTUDIO PILOTO (FIGURA P03)

José Luis Maté Muñoz,[1] Raúl Domínguez Herrera,[1] Juan Hernández Lougedo,[1] Arturo Muñoz González,[1] Pablo Veiga Herreros,[1] Pedro Ruiz Solano,[1] Manuel V. Garnacho Castaño[2]
[1] Universidad Alfonso X El Sabio, Madrid.
[2] Universidad de Barcelona, Barcelona.

Introducción

El entrenamiento de fuerza (EF) es efectivo para incrementar la fuerza, hipertrofia, potencia y resistencia muscular local, además de prevenir lesiones [1]. Para lograr estos objetivos y optimizar el rendimiento será necesario ajustar las cargas de entrenamiento a cada persona [2]. Una forma de conseguirlo es calculando una carga relativa en porcentaje de una repetición máxima (1RM) [3]. Otra forma de prescribir cargas de trabajo es usando la velocidad del movimiento como indicador de carga relativa en un determinado ejercicio sin necesidad de realizar test de 1RM [2]. A diferencia de los ejercicios de EF, en los deportes de resistencia como las carreras de atletismo, ciclismo o natación, el umbral anaeróbico se utiliza a menudo como indicador de la carga de entrenamiento, y puede determinarse mediante varios métodos [4]. Uno de estos métodos es localizar el umbral láctico (UL) [5, 6, 7], que se define como el primer aumento en la concentración de lactato en sangre por encima de los niveles de reposo durante el ejercicio incremental [8]. El UL está asociado con una intensidad baja/moderada en atletas de alto nivel [9, 10], y se ha descrito como una intensidad que puede ayudar a mejorar la capacidad cardiorrespiratoria en deportistas recreacionales y en pacientes con varias enfermedades crónicas [11, 12], ya que marca el límite superior de un metabolismo casi exclusivamente aeróbico, permitiendo que el ejercicio pueda durar horas. El LT también podría ser un buen indicador para evaluar y prescribir cargas en entrenamientos de fuerza ya que el aumento de lactato en sangre se relacionaría con una mayor utilización de la vía anaeróbica. Sin embargo, son muy pocos los estudios que han calculado el UL para el EF [13, 14]. Una razón podría ser que el EF con cargas bajas y moderadas (40%-70% 1RM) es dependiente del metabolismo anaeróbico utilizando glucógeno muscular como fuente energética principal [15]. Esto indicaría que al realizar un RT con cargas bajas (~40% 1RM), los niveles de lactato en sangre serían elevados desde el inicio del ejercicio, encontrando dificultad para determinar el UL. Recientemente se ha desarrollado una nueva metodología para prescribir cargas de trabajo en un ejercicio en prensa de piernas a intensidad de UL. En dicho estudio, identificaron el UL y el umbral ventilatorio 1 (UV1) [16], además de analizar las respuestas de ese ejercicio a una carga constante de UL. Actualmente, no hay en la literatura ningún estudio de este tipo en un ejercicio en media sentadilla (MS).

Objetivos

1. El primer objetivo será demostrar que se puede calcular el UL y el UV1 en la MS a través de la realización de un test incremental de fuerza, analizando si se producen a la misma carga de trabajo.

2. El segundo objetivo será analizar las respuestas cardiorrespiratorias y metabólicas del ejercicio discontinuo en MS a una carga constante de UL.

Material y métodos

30 repeticiones (2 segundos cada repetición) + 2 minutos de descanso

Se midió lactato en sangre capilar

Se midió el intercambio gaseoso

21 series x 15 repeticiones / recuperación de 1 minuto = 31 minutos y 30 s

1 repetición = 2 s

Lactato, frecuencia cardíaca (FC), ventilación (VE), consumo de oxígeno (VO_2), producción de dióxido de carbono (VCO_2), tasa de intercambio respiratorio (RER), serie 3 (S3), S6, S9, S12, S15, S18, S21

Resultados

Se identificó el UL y el UV1 en todos los sujetos (figuras 1 y 2). Realizando el método de ajuste algorítmico [14], la intensidad media para el UL fue de 23,5 ± 4,4% de 1RM, y de 24,4 ± 4,8% de 1RM para el UV1, no hallando diferencias significativas entre ambos métodos ($t = -1{,}618$, $P = 0{,}127$), hallando una correlación positiva entre los 2 métodos, siendo estadísticamente significativo ($r = 0{,}880$, $P < 0{,}001$). La asociación de estos dos métodos es muy fuerte, ya que supera $|r| > 0{,}80$.

En las figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se muestra la comparación post hoc después de realizar el ANOVA con medidas repetidas entre el valor de la última serie y el resto de series, del lactato en sangre, FC, VO2, VCO2, VE y RER. El lactato en sangre no mostró diferencias significativas entre las S3 y S21 (3,2 ± 1,3 mmol·l-1 y 3,5 ± 0,8 mmol·l-1 respectivamente, $P = 1.000$). Para la FC, el valor en la S21 (130,56 ± 12,3bpm) presenta diferencias significativas desde el inicio de la prueba (104,1 ± 10,6 lpm) hasta la S12 (125,1 ± 13,9 lpm), con un valor de $P < 005$. Desde la S15 hasta el final de la prueba (S21), no aparecen diferencias significativas ($P > 1.000$).

Discusión y conclusiones

Fue posible identificar el UL y el UV1 durante un test incremental de ejercicio de fuerza como la MS. Además, existe una correlación positiva entre el UL y el UV1, demostrando que ambas metodologías obtienen sus puntos de ruptura a similares cargas de trabajo. Por tanto, el cálculo del UL y el UV1 en MS mediante este protocolo discontinuo podría separar dos fases fisiológicas; la fase I, en la cual la intensidad de ejercicio depende principalmente del metabolismo aeróbico, y la fase II, donde el lactato en sangre se eleva en respuesta a una mayor utilización de la glucólisis anaeróbica para asumir una mayor carga de trabajo, y donde la VE se incrementa exponencialmente en respuesta a un aumento del VCO_2 debido al taponamiento del H+ por los sistemas *buffer* (principalmente sistema HCO3-) [17]. Estas zonas de intensidad de esfuerzo corresponderían a las zonas descritas en un ejercicio de resistencia por Kindermann *et al.* [18] y Skinner y McLellan (1980) [17, 19]. A partir de aquí, obteniendo estas cargas de trabajo, se podrían prescribir zonas de EF mediante la predominancia de un metabolismo específico dependiendo del objetivo que se quiera conseguir, tanto en atletas de alto nivel, como en adultos sanos y/o con algún tipo de patología.

Además, se produce una estabilización de todos los parámetros cardiorrespiratorios y metabólicos a una intensidad constante de LT en HS durante algo más de 30 minutos de ejercicio discontinuo, siendo un protocolo adecuado para controlar la intensidad. Esto es posible porque la carga de trabajo utilizada está en el límite de un metabolismo predominantemente aeróbico, produciendo un equilibrio entre la aparición y la eliminación del lactato en sangre.

Bibliografía

[1] Fleck, S. J. y Falkel, J. E.: «Value of resistance training for the reduction of sports injuries», en *Sports Med*, 1986, 3:61-8.

[2] González-Badillo, J. J. y Sánchez-Medina, L.: «Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training», en *Int J Sports Med*, 2010, 31:347-5.

[3] Fry, A. C.: «The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations», en *Sports Med*, 2004, 34:663-679.

[4] Bosquet, L.; Léger, L. y Legros, P.: «Methods to determine aerobic endurance», en *Sports Med*, 2002, 32:675-700.

[5] Weltman, A.; Snead, D.; Stein, P.; Seip, R.; Schurrer, R. *et al.*: «Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and VO_2max», en *Int J Sports Med*, 1990, 11:26-32.

[6] McMorris, T.; Sproule, J.; Draper, S.; Child, R.; Sexsmith, J. R. *et al.*: «The measurement of plasma catecholamine and lactate thresholds: a comparison of methods», en *Eur J Appl Physiol*, 2000, 82:262-267.

[7] Ribeiro, J. P.; Cadavid, E.; Baena, J.; Monsalvete, E.; Barna, A. *et al.*: «Metabolic predictors of middle-distance swimming performance», en *Br J Sports Med*, 1990, 24:196-200.

[8] Meyer, T.; Lucia, A.; Earnest, C. P. y Kindermann, W.: «A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters – theory and application», en *Int J Sports Med* 26, 2005, (suppl 1):S38-S4.

[9] Lucía, A.; Hoyos, J. y Chicarro, J. L.: «Physiology of professional road cycling», en *Sports Med*, 2001, 31:325-337.

[10] Meyer, T.; Faude, O.; Urhausen, A.; Scharhag, J. y Kindermann, W.: «Different effects of two regeneration regimens on immunological parameters in cyclists», en *Med Sci Sports Exerc*, 2004, 36:1743-1749.

[11] Meyer, T.; Görge, G.; Schwaab, B.; Hildebrandt, K.; Walldorf, J. *et al.*: «An alternative approach for exercise prescription and efficacy testing in patients with chronic heart failure: a randomized controlled training study», en *Am Heart J*, 2005, 149:e1-7.

[12] Maté-Muñoz, J. L.; Morán, M.; Pérez, M.; Chamorro-Viña, C.; Gómez-Gallego, F. *et al.*: «Favorable responses to acute and chronic exercise in McArdle patients», en *Clin J Sport Med*, 2007, 17:297-303.

[13] Moreira, S. R.; Arsa, G.; Oliveira, H. B.; Lima, L. C.; Campbell, C. S. *et al.*: «Methods to identify the lactate and glucose thresholds during resistance exercise for individuals with type 2 diabetes», en *J Strength Cond Res*, 2008, 22:1108-1115.

[14] Sousa, N. M. F. de; Magosso, R. F.; Pereira, G. B.; Leite, R. D.; Arakelian, V. M. *et al.*: «The measurement of lactate threshold in resistance exercise: a comparison of methods», en *Clin Physiol Funct Imaging*, 2011, 31:376-381.

[15] Collins, M. A.; Cureton, K. J.; Hill, D. W. y Ray, C. A.: «Relation of plasma volume change to intensity of weight lifting», en *Med Sci Sports Exerc*, 1989, 21:178-185.

[16] Sousa, N. M. F. de; Magosso, R. F.; Pereira, G. B.; Souza, M. V.; Vieira, A. *et al.*: «Acute Cardiorespiratory and metabolic responses during resistance exercise in the lactate threshold intensity», en *Int J Sports Med*, 2012, 33:108-13.

[17] Wasserman, K. y Mcllroy, M. B.: «Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise», en *Am J Cardiol*, 1964, 14:844-852.

[18] Kindermann, W.; Simon, G. y Keul, J.: «The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training», en *Eur J Appl Physiol*, 1979, 42:25-34.

[19] Skinner, J. S. y McLellan, T. H.: «The transition from aerobic to anaerobic metabolism», en *Res Q Exerc Sport*, 1980, 51:234-248.

RESPUESTAS CARDIORRESPIRATORIAS Y METABÓLICAS AL EJERCICIO REALIZADO SOBRE UNA PLATAFORMA DE DISIPACIÓN DE AIRE

Alessandra Moreira Reis [1], Manuel V. Garnacho Castaño [2], Raúl Domínguez Herrera[3], Juan Hernández Lougedo [3], Alberto Sacristán Rubio [4], Pedro Ruiz Solano [3], José Luis Maté Muñoz [3].

[1] Instituto Nacional de Educación Física, Madrid.
[2] Universidad de Barcelona, Barcelona.
[3] Universidad Alfonso X el Sabio, Villanueva de la Cañada, Madrid.
[4] Clínica de Fisioterapia y Rehabilitación Marta Alegre, Madrid.







Universidad Europea
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

Introducción

La inactividad física se reconoce como uno de los factores más importantes de riesgo para la salud, incrementando el número de enfermedades crónicas en todo el mundo[1].

Los entornos físicos, económicos y sociales en los que hoy en día viven los seres humanos han cambiado rápidamente, y en particular desde mediados del siglo pasado. Estos cambios en el transporte, los medios de comunicación, trabajo y nuevas tecnologías en el entretenimiento y ocio, se han asociado con una reducción significativa de la actividad física[2].

Por el contrario, la actividad física regular durante mucho tiempo ha sido considerada como un componente importante de un estilo de vida saludable. Para la mayoría de las personas adultas sin patologías, el American College of Sport Medicine (ACSM)[3] aconseja realizar un entrenamiento cardiorrespiratorio a intensidad moderada, entre el 40 y el 59% de la frecuencia cardíaca de reserva (FCR) durante mínimo 30 minutos, 5 días o más por semana. O bien, desarrollar este entrenamiento a una intensidad vigorosa, entre el 60% y el 84% de la FCR, durante mínimo 20 minutos, 3 días o más por semana.

En el mundo del *fitness* y el *wellness* son muchas las actividades propuestas para estimular a la población a realizar ejercicio. Muchas de estas novedosas actividades son difíciles de realizar debido a su ejecución técnica, y en muchas otras se requieren niveles altos de condición física. Recientemente se ha diseñado un nuevo aparato para la realización de ejercicio sobre él; consiste en una plataforma de disipación de aire, la cual es posible incorporar en clases colectivas aeróbicas. Se compone de un área de un metro de diámetro y 20 cm de altura que descansa sobre un elastómero que contiene aire de presión atmosférica, que a través de orificios permite la entrada y salida de aire, gracias a esa acción del elastómero, no se permiten rebotes. Un único estudio anterior elaborado hasta el momento, ha concluido que los apoyos producidos al hacer ejercicio sobre este tipo de aparatos reducen los impactos con respecto a realizarlos en el suelo, aunque los tiempos de contacto aumentan[4]. Además, ante acciones motrices iguales se percibió un menor esfuerzo subjetivo sobre este aparato que sobre el suelo. Para personas sedentarias que inician un programa de entrenamiento, realizar ejercicio sobre estas plataformas podría ser una buena solución para evitar sobrecargas y lesiones iniciales minimizando los impactos.



Figura 1. Plataforma de disipación de aire.

Objetivos

El objetivo del estudio fue analizar el efecto del ejercicio realizado sobre una plataforma de disipación de aire comparado con el mismo ejercicio en suelo en un grupo de mujeres.

Material y Métodos

Participantes

Se realizó un estudio cuasi-experimental, dónde un grupo de mujeres realizaron un mismo ejercicio en dos condiciones diferentes, uno sobre plataforma de disipación de aire y otro sobre el suelo.

Los participantes fueron 14 mujeres sanas estudiantes de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (**Tabla 1**). Todas ellas realizaban actividad física ligera o moderada un máximo de 2 veces por semana. Se excluyeron mujeres entrenadas o deportistas, que realizaban actividad física intensa más de 2 días por semana. Antes del estudio se les informó de todas las pruebas a realizar y todos ellas firmaron el consentimiento de aceptación. El estudio fue aprobado por el comité ético del Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad Alfonso X el Sabio, siguiendo las directrices éticas de la Declaración de Helsinki.

Tabla 1. Media de edad, peso, altura e IMC.

Variables	M	DE
Participantes	14 mujeres	
Edad (años)	22,8	1,3
Peso (kg)	57,9	6,6
Talla (cm)	162,3	0,04
IMC (kg/m²)	22,0	2,6

IMC; Indice de masa corporal.

Material y Métodos

1ª Sesión:
ECG + Prueba Esfuerzo

2ª SESIÓN: 40 minutos de Ejercicio CON plataforma de disipación de aire



3ª SESIÓN: 40 minutos de Ejercicio SIN plataforma de disipación de aire







Muestras de sangre capilar reposo y minutos 10, 20, 30 y 40

Escala de Borg (RPE) minutos 10, 20, 30 y 40

Se aplicó el test no paramétrico de Wilcoxon para muestras relacionadas



Se monitorizó la frecuencia cardíaca (FC), variables respiratorias y gasto energético (GE)

Resultados

En la **Tabla 2** se muestran los resultados de las variables cardiorrespiratorias. Aparecieron diferencias significativas en la FC media alcanzada en ambos esfuerzos ($z = 1,9$; $p < 0,05$). La FC en la clase con plataforma fue superior (173,1 ± 13,6 lpm) a la de la clase en el suelo (166,7 ± 14,1 lpm). En la **Tabla 3** se muestran los resultados de las concentraciones de lactato medidas en el reposo y cada 10 minutos de prueba, siendo éstas más elevadas en la sesión de ejercicio realizada sobre la plataforma que sobre suelo. Los valores registrados tras 20 y 30 minutos de ejercicios en la plataforma son cercanos a 7 mmol/L (6,9 ± 2,4 mmol/L para 20 min y 7,1 ± 2,6 mmol/L para 30 min). Estos valores fueron superiores significativamente ($z = 2,9$; $p < 0,01$ para lactato 20 y $z = 2,4$ $p < 0,01$ para lactato 30) a los tomados en la clase estándar sobre pavimento normal (4,4 ± 1,9 mmol/L para 20 min y 5,0 ± 2,3 mmol/L para 30 min). Tras 40 minutos el lactato descendió a valores también superiores significativamente en plataforma (5,0 ± 1,9 mmol/L) con respecto al pavimento normal (3,6 ± 1,6 mmol/L) ($z = 1,9$ $p < 0,05$). Además, para los resultados del esfuerzo percibido en una escala de Borg[5], no se encontraron diferencias significativas tras 10, 20, 30 y 40 minutos de ejercicio en ambos tipos de superficie.

Tabla 2. Valores registrados de las variables cardiorrespiratorias [media (M) y desviación estándar (DE)].

	Con plataforma		Suelo		Dif Medias	Valor de *p*
Variables	M	DE	M	DE		
FC (lpm) *	173,1	13,6	166,7	14,1	6,4	0,030
VO_2 (L/min)	1,7	0,2	1,7	0,3	0	0,255
VO_2 (ml/kg/min)	29,1	2,3	30,0	4,8	-0,9	0,165
VCO_2 (L/min)	1,6	0,2	1,7	0,3	-0,1	0,462
RER	1,0	0,1	1,0	0,0	0	0,190
*VE (L/min)**	58,1	8,6	54,4	12,4	3,7	0,045
VE/VO_2 **	34,9	4,5	32,1	4,1	2,8	0,005
VE/VCO_2 **	35,3	3,2	33,2	3,8	2,1	0,001
GE (kcal)	337,3	30,3	348,1	60,2	-10,8	0,365

Nota: *$p<0,05$ y ** $p<0,01$.
FC = Frecuencia cardiaca, VO_2 = Consumo de oxígeno, VCO_2 = Volumen de dióxido de carbono, RER = Tasa de intercambio respiratorio, VE = Ventilación, VE/VO_2 = Equivalente de oxígeno, VE/VCO_2 = Equivalente de dióxido de carbono, GE = Gasto energético.

Tabla 3. Valores de las concentraciones de lactato [media (M) y desviación estándar (DE)].

	Con plataforma		Suelo		Dif Medias	Valor de *p*
Variables	M	DE	M	DE		
Lactato, reposo min (mmol/L)	1,4	0,4	1,5	0,3	-0,1	0,266
Lactato, 10 min (mmol/L)	6,5	2,7	5,5	1,8	1	0,216
Lactato, 20 min (mmol/L) **	6,9	2,4	4,4	1,9	2,5	0,002
Lactato, 30 min (mmol/L) **	7,1	2,6	5,0	2,3	2,1	0,008
Lactato, 40 min (mmol/L) *	5,0	1,9	3,6	1,6	1,4	0,029

Nota: *$p<0,05$ y ** $p<0,01$.

Discusión y Conclusiones

El hallazgo más importante de este estudio fue encontrar diferencias significativas en las concentraciones de lactato en las últimas tres tomas en dos ejercicios, idénticos, siendo la diferencia el medio sobre el cuál realizaron dicho ejercicio. Esto podría ser debido a que sobre la plataforma se reduce el impacto, aumentando los tiempos de contacto del pie sobre el aparato, provocando una mayor contracción muscular y acentuando el trabajo por parte de los miembros inferiores. En un trabajo publicado por Behm y *cols.*[6], los niveles de actividad electromiográfica en los músculos antagonistas y sinergistas ante ejercicios realizados en condiciones de inestabilidad se incrementaron en un 29,1% y un 30,3% respectivamente, indicando que esa mayor actividad muscular probablemente contribuya a una mayor estabilización articular no siendo tan efectiva en el desarrollo de fuerza. Esta mayor actividad muscular podría explicar las mayores concentraciones de lactato en el ejercicio sobre las plataformas.

También se encontraron diferencias significativas en la intensidad de ejercicio medida a través de la FC ante una idéntica sesión de ejercicio realizado sobre las dos superficies. Por tanto, se podría decir que existe una respuesta cardíaca mayor al hacer ejercicio sobre este tipo de aparatos.

A pesar de documentar que en el ejercicio sobre plataforma de disipación de aire existe un mayor trabajo muscular y una respuesta cardíaca más acentuada con respecto al ejercicio en suelo, la percepción de esfuerzo subjetiva (RPE), medida a través de la escala de Borg fue similar en ambas condiciones. Se obtuvieron en las dos situaciones de ejercicio unos valores medios en torno a 11 sobre 20 de RPE, siendo esta intensidad del esfuerzo percibido moderada. Esto puede parecer paradójico puesto que si un ejercicio es más intenso, es muy probable que la persona lo perciba como un esfuerzo mayor. Una explicación podría ser que la reducción de los impactos sobre esta plataforma podría hacer disminuir la percepción subjetiva del esfuerzo. Es decir, al existir un menor estrés en huesos, tendones, músculos y articulaciones debido a esa dispersión de la fuerza en los apoyos, se podría reducir la fatiga del sistema osteo-mio-articular.

Por tanto, podríamos concluir que la respuesta cardíaca y el trabajo muscular al hacer ejercicio sobre la plataforma de disipación de aire son mayores comparados con una misma sesión de ejercicio sobre suelo, teniendo unos valores similares en la percepción de esfuerzo. El ejercicio sobre estas plataformas de disipación de aire podría ser una herramienta eficaz para personas sedentarias o con sobrepeso u obesidad, obteniendo una reducción de la grasa corporal, mejorando su capacidad funcional sin tener una fatiga excesiva y manteniendo un programa de ejercicio en el tiempo, cumpliendo así, con las recomendaciones de ejercicio del ACSM[3]. Esto muchas veces es un problema en personas sedentarias. Además, podría disminuir el riesgo de lesión debido a una absorción mayor de impactos al apoyarse sobre la plataforma.

Bibliografía

1. Ezzati M, Lopez A, Rodgers A, Hoorn SV, Murray JL. Selected major risk factors and global and regional burden of disease. Lancet. 2002;360:1347-1360.
2. Owen N, Healy GN, Mathews CE, Dunstan DW. Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. Exerc Sport Sci Rev. 2010;38:105-113.
3. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. Quantity and quality of exercice for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercice. American College of Sports Medicine Position Stand. Med Sci Sports Exerc. 2011;43:1334-1359.
4. Cittá F. Valoración de la sensación subjetiva del esfuerzo en mujeres menopáusicas en trabajo de marcha sobre suelo y disipación de aire. Tesis Doctoral. Universidad CAECE. 2011.
5. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. Scand J Rehabil Med. 1970;2:92-8.
6. Behm DG, Anderson K, Curnew RS. Muscle force and activation under stable and unstable conditions. J Strength Cond Res. 2002;16:416-422.

Figura P04: RESPUESTAS CARDIORRESPIRATORIAS Y METABÓLICAS AL EJERCICIO REALIZADO SOBRE UNA PLATAFORMA DE DISIPACIÓN DE AIRE (FIGURA P04) Alessandra Moreira Reis 1, Manuel V. Garnacho Castaño 2, Raúl Domínguez Herrera3, Juan Hernández Lougedo 3, Alberto Sacristán Rubio 4, Pedro Ruiz Solano 3, José Luis Maté Muñoz 3. 1 Instituto Nacional de Educación Física, Madrid. 2 Universidad de Barcelona, Barcelona. 3 Universidad Alfonso X el Sabio, Villanueva de la Cañada, Madrid. 4 Clínica de Fisioterapia y Rehabilitación Marta Alegre, Madrid.

RESPUESTAS CARDIORRESPIRATORIAS Y METABÓLICAS AL EJERCICIO REALIZADO SOBRE UNA PLATAFORMA DE DISIPACIÓN DE AIRE (FIGURA P04)

Alessandra Moreira Reis,[1] Manuel V. Garnacho Castaño,[2] Raúl Domínguez Herrera,[3] Juan Hernández Lougedo,[3] Alberto Sacristán Rubio,[4] Pedro Ruiz Solano,[3] José Luis Maté Muñoz[3]
[1] Instituto Nacional de Educación Física, Madrid.
[2] Universidad de Barcelona, Barcelona.
[3] Universidad Alfonso X el Sabio, Villanueva de la Cañada, Madrid.
[4] Clínica de Fisioterapia y Rehabilitación Marta Alegre, Madrid.

Introducción

La inactividad física se reconoce como uno de los factores más importantes de riesgo para la salud, incrementando el número de enfermedades crónicas en todo el mundo [1].

Los entornos físicos, económicos y sociales en los que hoy en día viven los seres humanos han cambiado rápidamente, y en particular desde mediados del siglo pasado. Estos cambios en el transporte, los medios de comunicación, trabajo y nuevas tecnologías en el entretenimiento y ocio se han asociado con una reducción significativa de la actividad física [2].

Por el contrario, la actividad física regular durante mucho tiempo ha sido considerada como un componente importante de un estilo de vida saludable. Para la mayoría de las personas adultas sin patologías, el American College of Sport Medicine (ACSM) [3] aconseja realizar un entrenamiento cardiorrespiratorio a intensidad moderada, entre el 40 y el 59% de la frecuencia cardíaca de reserva (FCR) durante mínimo 30 minutos, 5 días o más por semana. O bien, desarrollar este entrenamiento a una intensidad vigorosa, entre el 60% y el 84% de la FCR, durante mínimo 20 minutos, 3 días o más por semana.

En el mundo del *fitness* y el *wellness* son muchas las actividades propuestas para estimular a la población a realizar ejercicio. Muchas de estas novedosas actividades son difíciles de realizar debido a su ejecución técnica, y en muchas otras se requieren niveles altos de condición física. Recientemente se ha diseñado un nuevo aparato para la realización de ejercicio sobre él; consiste en una plataforma de disipación de aire, la cual es posible incorporar en clases colectivas aeróbicas. Se compone de un área de un metro de diámetro y 20 cm de altura que descansa sobre un elastómero que contiene aire de presión atmosférica, que a través de orificios permite la entrada y salida de aire; gracias a esa acción del elastómero no se permiten rebotes. Un único estudio anterior elaborado hasta el momento ha concluido que los apoyos producidos al hacer ejercicio sobre este tipo de aparatos reducen los impactos con respecto a realizarlos en el suelo, aunque los tiempos de contacto aumentan [4]. Además, ante acciones

motrices iguales se percibió un menor esfuerzo subjetivo sobre este aparato que sobre el suelo. Para personas sedentarias que inician un programa de entrenamiento, realizar ejercicio sobre estas plataformas podría ser una buena solución para evitar sobrecargas y lesiones iniciales minimizando los impactos.

Objetivos

El objetivo del estudio fue analizar el efecto del ejercicio realizado sobre una plataforma de disipación de aire comparado con el mismo ejercicio en suelo en un grupo de mujeres.

Material y métodos

Participantes

Se realizó un estudio cuasiexperimental, donde un grupo de mujeres realizó un mismo ejercicio en dos condiciones diferentes, uno sobre plataforma de disipación de aire y otro sobre el suelo.

Las participantes fueron 14 mujeres sanas estudiantes de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (tabla 1). Todas ellas realizaban actividad física ligera o moderada un máximo de 2 veces por semana. Se excluyeron mujeres entrenadas o deportistas, que realizaban actividad física intensa más de 2 días por semana. Antes del estudio se les informó de todas las pruebas a realizar y todas ellas firmaron el consentimiento de aceptación. El estudio fue aprobado por el comité ético del Departamento de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad Alfonso X el Sabio, siguiendo:

Resultados

En la tabla 2 se muestran los resultados de las variables cardiorrespiratorias. Aparecieron diferencias significativas en la FC media alcanzada en ambos esfuerzos ($z = 1,9$; $p < 0,05$). La FC en la clase con plataforma fue superior (173,1 ± 13,6 lpm) a la de la clase en el suelo (166,7 ± 14,1 lpm). En la tabla 3 se muestran los resultados de las concentraciones de lactato medidas en el reposo y cada 10 minutos de prueba, siendo estas más elevadas en la sesión de ejercicio realizada sobre la plataforma que sobre suelo. Los valores registrados tras 20 y 30 minutos de ejercicios en la plataforma son cercanos a 7 mmol/l (6,9 ± 2,4 mmol/l para 20 minutos y 7,1 ± 2,6 mmol/l para 30 minutos). Estos valores fueron superiores significativamente ($z = 2,9$; $p < 0,01$ para lactato 20 y $z = 2,4$; $p < 0,01$ para lactato 30) a los tomados en la clase estándar sobre pavimento normal (4,4 ± 1,9 mmol/l para 20 minutos y 5,0 ± 2,3 mmol/l para 30 minutos). Tras 40 minutos el lactato descendió a valores también superiores significativamente en plataforma (5,0 ± 1,9 mmol/l) con respecto al pavimento normal (3,6 ± 1,6

mmol/l) ($z = 1,9$; $p < 0,05$). Además, para los resultados del esfuerzo percibido en una escala de Borg [5], no se encontraron diferencias significativas tras 10, 20, 30 y 40 minutos de ejercicio en ambos tipos de superficie.

Discusión y conclusiones

El hallazgo más importante de este estudio fue encontrar diferencias significativas en las concentraciones de lactato en las últimas tres tomas en dos ejercicios, idénticos, siendo la diferencia el medio sobre el cual realizaron dicho ejercicio. Esto podría ser debido a que sobre la plataforma se reduce el impacto, aumentando los tiempos de contacto del pie sobre el aparato, provocando una mayor contracción muscular y acentuando el trabajo por parte de los miembros inferiores. En un trabajo publicado por Behm *et al.* [6], los niveles de actividad electromiográfica en los músculos antagonistas y sinergistas ante ejercicios realizados en condiciones de inestabilidad se incrementaron en un 29,1% y un 30,3% respectivamente, indicando que esa mayor actividad muscular probablemente contribuya a una mayor estabilización articular no siendo tan efectiva en el desarrollo de fuerza. Esta mayor actividad muscular podría explicar las mayores concentraciones de lactato en el ejercicio sobre las plataformas.

También se encontraron diferencias significativas en la intensidad de ejercicio medida a través de la FC ante una idéntica sesión de ejercicio realizado sobre las dos superficies. Por tanto, se podría decir que existe una respuesta cardíaca mayor al hacer ejercicio sobre este tipo de aparatos.

A pesar de documentar que en el ejercicio sobre plataforma de disipación de aire existe un mayor trabajo muscular y una respuesta cardíaca más acentuada con respecto al ejercicio en suelo, la percepción de esfuerzo subjetiva (RPE), medida a través de la escala de Borg fue similar en ambas condiciones. Se obtuvieron en las dos situaciones de ejercicio unos valores medios en torno a 11 sobre 20 de RPE, siendo esta intensidad del esfuerzo percibido moderada. Esto puede parecer paradójico puesto que si un ejercicio es más intenso, es muy probable que la persona lo perciba como un esfuerzo mayor. Una explicación podría ser que la reducción de los impactos sobre esta plataforma podría hacer disminuir la percepción subjetiva del esfuerzo. Es decir, al existir un menor estrés en huesos, tendones, músculos y articulaciones debido a esa dispersión de la fuerza en los apoyos, se podría reducir la fatiga del sistema osteo-mio-articular.

Por tanto, podríamos concluir que la respuesta cardíaca y el trabajo muscular al hacer ejercicio sobre la plataforma de disipación de aire son mayores comparados con una misma sesión de ejercicio sobre suelo, teniendo unos valores similares en la percepción de esfuerzo. El ejercicio sobre estas plataformas de

disipación de aire podría ser una herramienta eficaz para personas sedentarias o con sobrepeso u obesidad, obteniendo una reducción de la grasa corporal, mejorando su capacidad funcional sin tener una fatiga excesiva y manteniendo un programa de ejercicio en el tiempo, cumpliendo así con las recomendaciones de ejercicio del ACSM [3]. Esto muchas veces es un problema en personas sedentarias. Además, podría disminuir el riesgo de lesión debido a una absorción mayor de impactos al apoyarse sobre la plataforma.

Bibliografía

[1] Ezzati, M.; López, A.; Rodgers, A.; Hoorn, S. V. y Murray, J. L.: «Selected major risk factors and global and regional burden of disease», en *Lancet*, 2002, 360:1347-1360.

[2] Owen, N.; Healy, G. N.; Mathews, C. E. y Dunstan, D. W.: «Too much sitting: the population health science of sedentary behavior», en *Exerc Sport Sci Rev*, 2010, 38:105-113.

[3] Garber, C. E.; Blissmer, B.; Deschenes, M. R.; Franklin, B. A.; Lamonte, M. J.; Lee, I. M. *et al.*: «Quantity and quality of exercice for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercice», en American College of Sports Medicine Position Stand, *Med Sci Sports Exerc*, 2011, 43:1334-1359.

[4] Cittá, F.: *Valoración de la sensación subjetiva del esfuerzo en mujeres menopáusicas en trabajo de marcha sobre suelo y disipación de aire*, tesis doctoral, Universidad CAECE, 2011.

[5] Borg, G.: «Perceived exertion as an indicator of somatic stress», en *Scand J Rehabil Med*, 1970, 2:92-8.

[6] Behm, D. G.; Anderson, K. y Curnew, R. S.: «Muscle force and activation under stable and unstable conditions», en *J Strength Cond Res*, 2002, 16:416-422.



Figura P05: ENTRENAMIENTO DE TRIPULACIONES SANITARIAS EN AEROEVACUACIONES TÁCTICAS (FIGURA P05)Col Jose I Peralba Vaño, Cte Ignacio Martínez Marín, Cte Jesús J Couceiro de Miguel, TCol Zacarías Galo Sánchez Sánchez y Cte Francisco Cantalejo PérezUMAER.

ENTRENAMIENTO DE TRIPULACIONES SANITARIAS EN AEROEVACUACIONES TÁCTICAS (FIGURA P05)

Col. José I. Peralba Vaño, Cte. Ignacio Martínez Marín, Cte. Jesús J. Couceiro de Miguel,
TCol. Zacarías Galo Sánchez Sánchez y Cte. Francisco Cantalejo Pérez
UMAER

Instrucción y requisitos para tripulantes aéreos sanitarios

Instrucción en vuelo (AE).

Reconocimiento médico anual tripulante aéreo.

Prueba aptitud psicofísica EA nivel A (PAFA). Anual.

Entrenamiento fisiológico en cámara hipobárica. C/5 años.

Equipo básico del tripulante

Protección ocular.

Protección auditiva.

Comunicaciones (radio/cascos).

Guantes de trabajo.

Prendas de abrigo.

Botas antideslizantes.

Equipos y actuaciones sobre el paciente en vuelo

Colchón/manta hipotermia.

Calentador de sueros.

Calentador tubuladura (VM).

Sujeción del paciente y los equipos.

Bombas de perfusión.

Colchón de vacío.

Protección auditiva: cascos.

Rellenar con suero fisiológico los balones neumáticos: TOT, sonda vesical…

Vigilancia permanente de los drenajes, presión de férulas de vacío, bolsas de colostomía…

Bibliografía

STANAG 3204 (Ed.7): «Aeromedical Evacuation».

STANAG 2228 (Ed.2), AJP-4.10(A): «Allied Joint Medical Support Doctrine».

Instrucción General (IG) 60-28: «Pruebas evaluación psicofísica personal EA».

Orden Ministerial (OM) 62/2012 de 10 de septiembre: «Normas para la evaluación de la aptitud médica del personal de las Fuerzas Armadas con responsabilidad en vuelo».

European Air Transport Command (EATC) Procedure, Aeromedical Evacuation Control Center (AECC) SOP, versión 4.0, 15 de enero de 2013.





II SIMPOSIO INTERNACIONAL sobre

ENTRENAMIENTO para AMBIENTES EXTREMOS



Facultad de Ciencias de la Salud, del Ejercicio y del Deporte

Efectos del volumen-intensidad en la variabilidad de la frecuencia cardíaca en triatletas

Ramos-Campo DJ[1,2], Ortega J[1], Delgado-Moreno R[1], González B[1] y Clemente-Suarez VJ[13]

[1]Club Triatlón Tritoledo;[2]Univ.Católica San Antonio Murcia; [3]Univ.Europea Madrid.
Email:djramos@ucam.edu; **Dirección:** Campus los Jerónimos,Guadalupe,30107,Murcia; **Tlf:**(+34)968278824;
Tema: Ciencias del Ejercicio.

INTRODUCCIÓN

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) es un método no invasivo efectivo para monitorizar las adaptaciones al entrenamiento[1]. Las bajas (LF) y altas frecuencias (HF) determinan la influencia vagal y simpática[2]. El análisis de la HRV ha sido ampliamente utilizado en el campo del entrenamiento deportivo para evaluar la adaptación a diferentes programas y periodizaciones de entrenamiento deportivo.

OBJETIVO: Determinar los cambios en HRV producidos por un mesociclo basado en volumen vs uno centrado en intensidad en triatletas.

MATERIAL Y MÉTODOS:

Participaron 32 triatletas (edad:25.4±8.1 años; talla:170.9±7.0 cm; peso:66.1±8.6 kg) divididos aleatoriamente en 3 grupos: volumen (1554min); intensidad (1128min); control (480min). Se realizó un test ortostático de 10min (Polar S810, Polar Electro, Finland) para la evaluación de la HRV antes y después de 4 microciclos (3 carga+1 descarga). La HRV se analizó con el software Kubius HRV (University of Kuopio, Finland) obteniendo las LF y HF (%,ms^2) y LF/HF (Figura 1). Se utilizó el programa SPSS 19.0, realizando la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de las variables y una ANOVA para comprobar las diferencias intra e intergrupo. El nivel de significación se estableció en $p<0.05$.

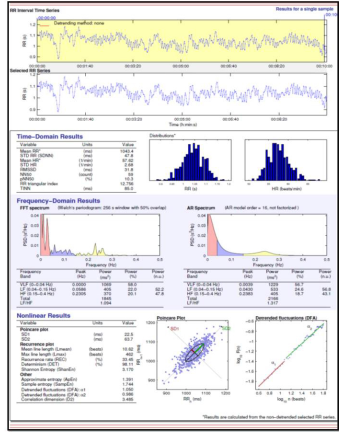


Figura 1. Ejemplo de análisis de la HRV con el software Kubius (University of Kuopio).

RESULTADOS:

Tal como se observa en la tabla 1, no existen diferencias significativas en las variables medidas.

Tabla 1: Resultados de variabilidad de la frecuencia cardíaca por grupo y momento.

		LF (ms^2)	HF (ms^2)	LF/HF	LF (%)	HF (%)
Volumen	Pre	1527.9± 1118.4	513.5± 513.8	5.3 ± 5.7	71.7 ± 20.7	28.3 ± 20.7
	Post	2576.4± 2826.7	1119.8± 2557.5	6.5 ± 8.1	73.2± 17.5	27.8 ± 18.6
Intensidad	Pre	1453.8± 1196.5	326.8± 434.9	15 ± 23.6	77.5 ± 17.9	22.5± 17.8
	Post	5053.8± 1425.1	2922.6 ± 9398.9	3.9±4.9	70.1 ±18.7	29.9 ± 13.3
Control	Pre	1185.6± 1517.8	316.4 ± 242	4.3 ± 4.9	72.4 ± 12.6	27.5 ± 12.6
	Post	1532.13± 2665.4	1211.8 ± 2693.4	2.2 ± 1.3	65 ± 11.8	34.9 ± 11.8

Media ± Desviación Estándar
LF: Bajas frecuencias; HF: Altas frecuencias

DISCUSIÓN:

Los resultados obtenidos concuerdan con los encontrados anteriormente tras diferentes protocolos de entrenamiento[3]. Además, durante periodos de recuperación se observa como los valores de HRV se aproximan a los basales[1], lo que pueden justificar nuestros resultados, cuya evaluación post-intervención se realizó tras un microciclo de recuperación.

CONCLUSIONES:

Independientemente del modelo de planificación y de los contenidos de entrenamiento, la descarga mesocíclica fue suficiente para lograr una correcta modulación autonómica que se refleja en la ausencia de diferencias significativas en las variables evaluadas en esta investigación.

REFERENCES
1. Plews D, et al. (2013) Sport Med 43:773-781
2. Eckberg DL. (1997) Circulation 96:3224-3232
3. Seals R, Chase P. (1989) J Appl Physiol 66:1886-1895

Figura P06: EFECTOS DEL VOLUMEN-INTENSIDAD EN LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN TRIATLETAS (FIGURA P06) Ramos-Campo DJ1,2, Ortega J1, Delgado-Moreno R1, González B1 y Clemente-Suarez VJ1,3 1Club Triatlón Tritoledo;2Univ.Católica San Antonio Murcia; 3Universidad Europea Madrid. Email:djramos@ucam.edu.

EFECTOS DEL VOLUMEN-INTENSIDAD EN LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN TRIATLETAS (FIGURA P06)

Ramos-Campo, D. J.,[1,2] Ortega, J.,[1] Delgado-Moreno, R.,[1] González, B.,[1] Clemente-Suárez, V. J.[1,3]
[1] Club Triatlón Tritoledo.
[2] Universidad Católica San Antonio Murcia.
[3] Universidad Europea de Madrid. *Email*: <djramos@ucam.edu>.

Introducción

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) es un método no invasivo efectivo para monitorizar las adaptaciones al entrenamiento [1]. Las bajas (LF) y altas frecuencias (HF) determinan la influencia vagal y simpática [2]. El análisis de la HRV ha sido ampliamente utilizado en el campo del entrenamiento deportivo para evaluar la adaptación a diferentes programas y periodizaciones de entrenamiento deportivo.

Objetivo

Determinar los cambios en HRV producidos por un mesociclo basado en volumen vs. uno centrado en intensidad en triatletas.

Material y métodos

Participaron 32 triatletas (edad: 25,4 ± 8,1 años; talla: 170,9 ± 7,0 cm; peso: 66,1 ± 8,6 kg) divididos aleatoriamente en 3 grupos: volumen (1.554 min); intensidad (1.128 min); control (480 min). Se realizó un test ortostático de 10 minutos (Polar S810, Polar Electro, Finland) para la evaluación de la HRV antes y después de 4 microciclos (3 carga + 1 descarga). La HRV se analizó con el *software* Kubius HRV (Universidad de Kuopio, Finlandia) obteniendo las LF y HF (%, ms2) y LF/HF (figura 1). Se utilizó el programa SPSS 19.0, realizando la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de las variables y una ANOVA para comprobar las diferencias intra e intergrupo. El nivel de significación se estableció en $p < 0,05$.

Discusión

Los resultados obtenidos concuerdan con los encontrados anteriormente tras diferentes protocolos de entrenamiento [3]. Además, durante periodos de recuperación se observa como los valores de HRV se aproximan a los basales [1], lo que puede justificar nuestros resultados, cuya evaluación posintervención se realizó tras un microciclo de recuperación.

Conclusiones

Independientemente del modelo de planificación y de los contenidos de entrenamiento, la descarga mesocíclica fue suficiente para lograr una correcta

modulación autonómica que se refleja en la ausencia de diferencias significativas en las variables evaluadas en esta investigación.

Bibliografía

[1] Plews, D. *et al.*: en *Sport Med*, 2013, 43:773-781.

[2] Eckberg, D. L.: en *Circulation*, 1997, 96:3224-3232.

[3] Seals, R. y Chase, P.: en *J Appl Physiol*, 1989, 66:1886-1895.







II SIMPOSIO INTERNACIONAL sobre
ENTRENAMIENTO para AMBIENTES EXTREMOS
UEM Campus Villaviciosa de Odón (Madrid), 6 y 7 de junio de 2014

VENDAJE NEUROMUSCULAR (VNM) Y RENDIMIENTO MUSCULAR EN ESPECIALISTAS EN MONTAÑA DE LA GUARDIA CIVIL

Rodrigo Rodríguez, j[1,2]. ; Esteban García, P[1]. ; Crespo Sánchez MJ[3]. ; Jiménez Díaz F[1].
1: Facultad CC del Deporte. 2: Escuela de E. y Fisioterapia de Toledo. 3: Bióloga, alpinista, traductora profesional.
E-mail de contacto: Jorge.Rodrigo@uclm.es

INTRODUCCIÓN:



- Técnica usada con finalidad preventiva, terapéutica y recuperadora .
- Resultados contradictorios en cuanto al aumento del rendimiento deportivo (Tieh-Cheng y cols., 2008; Li-Chun Yu y cols., 2004).
- Sin evidencia de que VNM mejore fuerza máxima/explosiva en cuádriceps de sujetos sanos deportistas (Rodríguez-Moya y cols., 2011).
- VNM combinado con ejercicio moderado (20´) mejora irrigación sanguínea (Yukio, 2007).
- **Se presenta un ensayo piloto, que forma parte de una Tesis Doctoral.** El principal parámetro a medir es la fatigabilidad de los músculos vendados respecto de los contralaterales (fatiga: incapacidad para mantener o elevar el ritmo o intensidad de la contracción muscular)

OBJETIVO:
Evaluar la variación del grado de fatigabilidad tras la aplicación de VNM (técnica muscular) cuádriceps en una pierna, comparando con la otra sin vendar (aleatorización en el lado vendado).



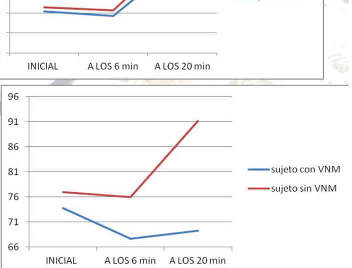
MATERIAL Y MÉTODOS: Participantes: Grupo homogéneo de 4 individuos, sexo masculino, especialistas en montaña de la Guardia Civil. Sujetos pertenecientes al SEREIM del sector Navacerrada; todos ellos en situación de servicio activo. Variable dependiente: Nº de repeticiones del ejercicio (fatigabilidad objetiva) y percepción de fatiga en escala analógica sobre 10 (fatigabilidad subjetiva). Variable independiente: 3 ciclos de 3 minutos a la máxima velocidad, con carga de 5 kg y periodos de descanso activo entre 1er y 2º ciclo de 6 minutos (resíntesis de ATP y PCr - Tornlin y cols., 2001-), y entre 2º y 3º de 20 minutos (aclarar lactato sanguíneo -Watts y cols., 2000-). Material: Banco de cuádriceps y carga de 5 kg.. Vendaje marca Cure Tape de color rojo (soporta máxima elongación y tiene la mayor densidad de material -Fernández-Rodríguez y cols., 2010-). Cronómetro digital ONSTART-300 de Geonaute; tijeras y material de papelería.

96 91 86 81 76 71 66
INICIAL A LOS 6 min A LOS 20 min
pierna con VNM
pierna sin VNM

RESULTADOS:
•El número de repeticiones es menor en ambas piernas si está una de ellas vendada, pero manteniendo un nº de repeticiones casi constante en las tres series realizadas (inicial, a los 6 min. y a los 20 min.). La fatiga percibida es mayor (9,75 puntos) en pierna vendada que sin vendar (9,25)
• En el ensayo sobre ambas piernas estando sin vendar, se aprecia un importante incremento de repeticiones en la 3ª serie. La fatiga percibida es menor (9 puntos en ambos cuádriceps) que si alguna de las piernas estuviera vendada.

96 91 86 81 76 71 66
INICIAL A LOS 6 min A LOS 20 min
pierna dcha
pierna izda

DISCUSIÓN: el VNM muestra un efecto sobre ambos cuádriceps a pesar de estar vendado sólo uno de ellos, manteniendo un nº casi constante de repeticiones en las tres series, pero baja el nº de repeticiones realizadas en cada serie. En las piernas sin vendar, en la 3ª serie se produce un importante incremento en el nº de repeticiones, probablemente por el efecto de calentamiento muscular producido en las dos 1ªs series.



CONCLUSIONES:
1) El VNM parece disminuir la relación fuerza-velocidad tanto en el músculo vendado como en el contralateral realizando menos repeticiones por serie que cuando ninguno de ambos cuádriceps está vendado. También aumenta la percepción de fatiga en ambas piernas (vendada y sin vendar).
2) Al mantener una velocidad de contracción más regular en las 3 series frente a la musculatura sin vendar, el VNM parece mantener más tiempo los mecanismos de reserva muscular, lo que podría influir positivamente en aquellos ejercicios de predominancia de resistencia sobre fuerza/velocidad, disminuyendo la fatiga a medio y largo plazo, y favoreciendo los mecanismos de recuperación tras la actividad.

Bibliografía
Miller C, Quievre J. Les techniques de renforcement musculaire. Sport Méd 1997; 90:54-56.
Fernández-Rodríguez JM, et al. Vendaje neuromuscular: ¿tienen todas las vendas las mismas propiedades mecánicas?. Apunts Medicine de L´Sport. 2010; 45:61-7.
Tieh-Cheng Fu, Alice M.K. Wong, Yu Cheng Pei, Katie P. Wu, Shih-Wei Chou, Yin-Chou Lin. Effect of Kinesiotaping on muscle strengthin athletes-A pilot study. Journal Science Medicine Sport. 2008; 11, 2:198–201.
Li-ChunYu. Effect of KinesioTaping in acute muscle fatigue and propioception of college volleyball players. Tesina. National College of Physical Education and Sports. Taiwan. Republica de China; 2004.
Rodríguez-Moya A, et al. Efecto del vendaje neuromuscular a corto plazo en la fuerza en la extensión de rodilla. Fisioterapia. 2011. oi:10.1016/j.ft.2011.07.007.
Torlin DL, Wenger HA. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. Sports Med 2001; 31:1-11.
Yukio K, Effects of Kinesio Taping & Low-Strength Exercises on Blood Pressure and Peripheral Circulation. Advance Healing. 2007. Spring 14-16.
Watts PB, Dagget M, Gallagher P, Wilkins B. Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. Int J Sports Med 2000; 21 (3):185-90.



Agradecimientos:

SEREIM de Navacerrada

Asociación Española de Vendaje Neuromuscular

AEVNM Asociación Española Vendaje Neuromuscular

ATENA S.L. Productos farmaceúticos



Figura P07: VENDAJE NEUROMUSCULAR (VNM) Y RENDIMIENTO MUSCULAR EN ESPECIALISTAS EN MONTAÑA DE LA GUARDIA CIVIL (FIGURA P07) Rodrigo Rodríguez, J1,2. ; Esteban García, P1. ; Crespo Sánchez MJ3. ; Jiménez Díaz F1. 1: Facultad CC del Deporte. 2: Escuela de E. y Fisioterapia de Toledo. 3: Bióloga, alpinista, traductora profesional. E-mail: Jorge.Rodrigo@uclm.es.

VENDAJE NEUROMUSCULAR (VNM) Y RENDIMIENTO MUSCULAR EN ESPECIALISTAS EN MONTAÑA DE LA GUARDIA CIVIL (FIGURA P07)

Rodrigo Rodríguez, J.,[1,2] Esteban García, P.,[1] Crespo Sánchez, M. J.,[3] Jiménez Díaz, F.[1]
[1] Facultad de Ciencias del Deporte.
[2] Escuela de E. y Fisioterapia de Toledo.
[3] Bióloga, alpinista, traductora profesional. Email: <jorge.rodrigo@uclm.es>.

Introducción

Técnica usada con finalidad preventiva, terapéutica y recuperadora.

Resultados contradictorios en cuanto al aumento del rendimiento deportivo (Tieh-Cheng *et al.*, 2008; Li-Chun Yu *et al.*, 2004).

Sin evidencia de que el VNM mejore la fuerza máxima/explosiva en cuádriceps de sujetos sanos deportistas (Rodríguez-Moya *et al.*, 2011).

El VNM combinado con ejercicio moderado (20´) mejora la irrigación sanguínea (Yukio, 2007).

Se presenta un ensayo piloto, que forma parte de una tesis doctoral. El principal parámetro a medir es la fatigabilidad de los músculos vendados respecto de los contralaterales (fatiga: incapacidad para mantener o elevar el ritmo o intensidad de la contracción muscular).

Objetivo

Evaluar la variación del grado de fatigabilidad tras la aplicación de VNM (técnica muscular) en el cuádriceps de una pierna, comparando con la otra sin vendar (aleatorización en el lado vendado).

Material y métodos

Participantes: grupo homogéneo de 4 individuos, sexo masculino, especialistas en montaña de la Guardia Civil. Sujetos pertenecientes al SEREIM del sector Navacerrada; todos ellos en situación de servicio activo. Variable dependiente: número de repeticiones del ejercicio (fatigabilidad objetiva) y percepción de fatiga en escala analógica sobre 10 (fatigabilidad subjetiva). Variable independiente: 3 ciclos de 3 minutos a la máxima velocidad, con carga de 5 kg y periodos de descanso activo entre el 1.^er^ y el 2.° ciclos de 6 minutos (resíntesis de ATP y PCr —Tornlin *et al.*, 2001—), y entre el 2.° y el 3° de 20 minutos (aclarar lactato sanguíneo —Watts *et al.*, 2000—). Material: banco de cuádriceps y carga de 5 kg.; vendaje marca Cure Tape de color rojo (soporta máxima elongación

y tiene la mayor densidad de material —Fernández-Rodríguez *et al.*, 2010—); cronómetro digital ONSTART-300 de Geonaute; tijeras y material de papelería.

Resultados

El número de repeticiones es menor en ambas piernas si está una de ellas vendada, pero manteniendo un número de repeticiones casi constante en las tres series realizadas (inicial, a los 6 minutos y a los 20 minutos). La fatiga percibida es mayor (9,75 puntos) en la pierna vendada que en la sin vendar (9,25).

En el ensayo sobre ambas piernas estando sin vendar, se aprecia un importante incremento de repeticiones en la 3.ª serie. La fatiga percibida es menor (9 puntos en ambos cuádriceps) que si alguna de las piernas estuviera vendada.

Discusión

El VNM muestra un efecto sobre ambos cuádriceps a pesar de estar vendado solo uno de ellos, manteniendo un número casi constante de repeticiones en las tres series, pero baja el número de repeticiones realizadas en cada serie. En las piernas sin vendar, en la 3.ª serie se produce un importante incremento en el número de repeticiones, probablemente por el efecto de calentamiento muscular producido en las dos 1.ªs series.

Conclusiones

El VNM parece disminuir la relación fuerza-velocidad tanto en el músculo vendado como en el contralateral realizando menos repeticiones por serie que cuando ninguno de ambos cuádriceps está vendado. También aumenta la percepción de fatiga en ambas piernas (vendada y sin vendar).
Al mantener una velocidad de contracción más regular en las 3 series frente a la musculatura sin vendar, el VNM parece mantener más tiempo los mecanismos de reserva muscular, lo que podría influir positivamente en aquellos ejercicios de predominancia de resistencia sobre fuerza/velocidad, disminuyendo la fatiga a medio y largo plazo, y favoreciendo los mecanismos de recuperación tras la actividad.

Bibliografía

Miller, C. y Quievre, J.: «Les techniques de renforcement musculaire», en *Sport Med*, 1997, 90:54-56.

Fernández-Rodríguez, J. M. *et al.*: «Vendaje neuromuscular: ¿tienen todas las vendas las mismas propiedades mecánicas?», en *Apunts Medicine de L´Sport*, 2010, 45:61-7.

Tieh-Cheng, F.; Alice, M. K.; Wong, Y. C. P.; Katie, P.; Wu, S.-W. C. y Yin-Chou, L.: «Effect of Kinesiotaping on muscle strengthin athletes-A pilot study», en *Journal Science Medicine Sport*, 2008, 11, 2:198-201.

Li-Chun, Y.: *Effect of KinesioTaping in acute muscle fatigue and propioception of college volleyball players*, tesina, Taiwán: National College of Physical Education and Sports, 2004.

Rodríguez-Moya A. *et al.*: «Efecto del vendaje neuromuscular a corto plazo en la fuerza en la extensión de rodilla», en *Fisioterapia*, 2011. <oi:10.1016/j.ft.2011.07.007>.

Torlin, D. L. y Wenger, H. A.: «The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise», en *Sports Med*, 2001, 31:1-11.

Yukio, K.: «Effects of Kinesio Taping & Low-Strength Exercises on Blood Pressure and Peripheral Circulation», en Advance Healing, 2007, primavera 14-16.

Watts, P. B.; Dagget, M.; Gallagher, P. y Wilkins, B.: «Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery», en *Int J Sports Med*, 2000, 21(3):185-90.

Agradecimientos

SEREIM de Navacerrada.
Asociación Española de Vendaje Neuromuscular.
ATENA S.L. Productos farmacéuticos.

Cuantificación de la carga de entrenamiento en corredores de fondo y su relación con el rendimiento.

Universidad Europea de Madrid
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

Isabel María Sánchez Lorente, Diego Moreno Pérez, Jonathan Esteve Lanao
Laboratorio de entrenamiento deportivo. Universidad Europea de Madrid

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los entrenadores tienden a cuantificar la carga de entrenamiento en los deportes de resistencia y su distribución durante la temporada, en base a zonas de intensidad fisiológica (Esteve-Lanao 2007). Existe una tendencia al entrenamiento polarizado (Esteve-Lanao et al 2007), aunque resultaría interesante complementar estos datos sobre otras modalidades y tipo de muestra.

OBJETIVO

Cuantificar la carga de entrenamiento en atletas populares que preparen una prueba de 10km y establecer una relación entre la distribución de la carga por zonas fisiológicas y la marca.

MÉTODO

Muestra. Completaron el estudio 12 corredores de fondo de nivel popular, 10 hombres y dos mujeres. Edad 39,3 ± 6,9 años, VO_{2max} 58,6 ± 6,3 ml/ kg/ min, VAM 17,3 ± 1,7 km/h.
Método. Cuantificamos la carga de entrenamiento en 12 corredores, durante 12 semanas de periodo específico previa a una competición de 10 Km.
Inicialmente se realizó un test progresivo de consumo máximo de oxigeno (vo2max) para establecer las distintas zonas fisiológicas, mediante intervalos de frecuencia cardiaca, según el modelo de Skinner y Mclallen (1989).

Figura 1. Test de consumo de oxigeno.

Figura 2. Hoja de registro de entrenamiento

Se establecieron 3 zonas de entrenamiento (Zona I, Zona II, Zona III), la Zona I por debajo de VT1, la zona II entre VT1 y VT2 , y la Zona III por encima de VT2.
En el registro de los entrenamientos analizamos las variables; tiempo (h), % de tiempo en zonas I,II y III, carga de entrenamiento en ECOS, % de ECOS en zona I,II y III, carga subjetiva (RPE) y marca en 10KM
Para la cuantificación de la carga de los entrenamientos se utilizó el modelo ECOS de Cejuela-Anta & Esteve-Lanao (2011).

RESULTADOS

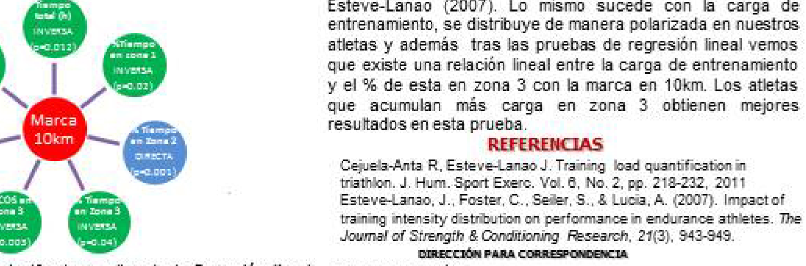
Los sujetos entrenaron un promedio de 56 ± 11.3 horas durante el periodo de 12 semanas y pasaron el 73.5% en Zona 1, el 10.4% en Zona 2 y el 15.9% en Zona 3. Los sujetos acumularon una carga total de 6242.70 ± 968.41 ECOS. La distribución de la carga objetiva promedio fue el 42.19% en Zona 1, el 15.63% en Zona 2 y el 42.16 % en Zona 3.

Gráficos 1 y 2: Distribución del tiempo y carga de entrenamiento.

Distribución del tiempo / Distribución de la carga

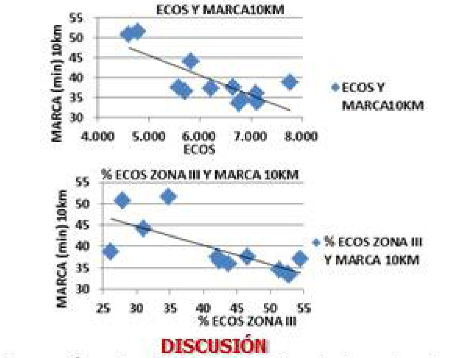
Se hallaron resultados significativos aplicando la **correlación de Pearson** p<0.05.
El tiempo total, el % de tiempo en zona I, el % de tiempo en zona 3, los ECOS totales y el % de ECOS en zona 2 y 3 tienen correlación inversa con la marca en 10km. El % de tiempo en zona II, el % de ECOS en zona II tiene correlación directa con la marca en 10km.

Figura 3. Correlación de Pearson p<0,05



Se hallaron resultados significativos aplicando la **Regresión lineal** p<0.05.
ECOS Totales y Marca en 10km: p=0.014; B=-0.004
%ECOS ZONA III y Marca en 10km: p=0.008; B=0.335

Gráficos 4 y 5: Resultados de la Regresión Lineal.



DISCUSIÓN

Hoy en día en los deportes de resistencia, los entrenadores proponen una distribución de las cargas de entrenamiento de manera polarizada. Nuestro estudio mostró que nuestros corredores seguían esta misma distribución en relación al tiempo de entrenamiento. Los sujetos que pasan más % de tiempo en Zona 1 obtienen mejor marca, los sujetos que pasan más % de tiempo en zona 2 obtienen peor rendimiento, los sujetos que pasan más tiempo en zona 3 obtienen mejores resultados, lo cual es consistente con el estudio realizado por Esteve-Lanao (2007). Lo mismo sucede con la carga de entrenamiento, se distribuye de manera polarizada en nuestros atletas y además tras las pruebas de regresión lineal vemos que existe una relación lineal entre la carga de entrenamiento y el % de esta en zona 3 con la marca en 10km. Los atletas que acumulan más carga en zona 3 obtienen mejores resultados en esta prueba.

REFERENCIAS

Cejuela-Anta R, Esteve-Lanao J. Training load quantification in triathlon. J. Hum. Sport Exerc. Vol. 6, No. 2, pp. 218-232, 2011
Esteve-Lanao, J., Foster, C., Seiler, S., & Lucia, A. (2007). Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 943-949.

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA
Diego Moreno Pérez
Universidad Europea de Madrid. Facultad CC Af y Deporte. Laboratorio de Entrenamiento Deportivo.
C/Tajo s/n, 28670 Madrid, España.
E-mail: diego.moreno@allinyourmind.es
Tfno: 91 2115500 – ext 3013

Figura P08: CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA DE ENTRENAMIENTO EN CORREDORES DE FONDO Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO (FIGURA P08)Isabel María Sánchez Lorente, Diego Moreno Pérez, Jonathan Esteve Lanao Laboratorio de entrenamiento deportivo. Universidad Europea de Madrid Email: diego.moreno@allinyourmind.es.

CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA DE ENTRENAMIENTO EN CORREDORES DE FONDO Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO (FIGURA P08)

Isabel María Sánchez Lorente, Diego Moreno Pérez, Jonathan Esteve Lanao
Laboratorio de entrenamiento deportivo. Universidad Europea de Madrid *Email*: <diego.moreno@allinyourmind.es>.

Introducción

En la actualidad, los entrenadores tienden a cuantificar la carga de entrenamiento en los deportes de resistencia y su distribución durante la temporada, en base a zonas de intensidad fisiológica (Esteve-Lanao, 2007). Existe una tendencia al entrenamiento polarizado (Esteve-Lanao *et al.*, 2007), aunque resultaría interesante complementar estos datos sobre otras modalidades y tipo de muestra.

Objetivo

Cuantificar la carga de entrenamiento en atletas populares que preparen una prueba de 10 km y establecer una relación entre la distribución de la carga por zonas fisiológicas y la marca.

Método

Muestra. Completaron el estudio 12 corredores de fondo de nivel popular, 10 hombres y dos mujeres. Edad: 39,3 ± 6,9 años, VO_2 máx.: 58,6 ± 6,3 ml/kg/min, VAM: 17,3 ± 1,7 km/h.

Método. Cuantificamos la carga de entrenamiento en 12 corredores, durante 12 semanas de periodo específico previo a una competición de 10 km.

Inicialmente se realizó un test progresivo de consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) para establecer las distintas zonas fisiológicas, mediante intervalos de frecuencia cardíaca, según el modelo de Skinner y Mclallen (1989).

Se establecieron 3 zonas de entrenamiento (Zona I, Zona II, Zona III), la Zona I por debajo de VT1, la Zona II entre VT1 y VT2, y la Zona III por encima de VT2.

En el registro de los entrenamientos analizamos las variables: tiempo (h), % de tiempo en zonas I, II y III, carga de entrenamiento en ECOS, % de ECOS en zonas I, II y III, carga subjetiva (RPE) y marca en 10 km.

Para la cuantificación de la carga de los entrenamientos se utilizó el modelo ECOS de Cejuela-Anta y Esteve-Lanao (2011).

Resultados

Los sujetos entrenaron un promedio de 56 ± 11,3 horas durante el periodo de 12 semanas y pasaron el 73,5% en Zona I, el 10,4% en Zona II y el 15,9% en Zona III. Los sujetos acumularon una carga total de 6242,70 ± 968,41 ECOS. La distribución de la carga objetiva promedio fue el 42,19% en Zona I, el 15,63% en Zona II y el 42,16% en Zona III.

Se hallaron resultados significativos aplicando la correlación de Pearson $p < 0,05$.

El tiempo total, el % de tiempo en Zona I, el % de tiempo en Zona III, los ECOS totales y el % de ECOS en zonas II y III tienen correlación inversa con la marca en 10 km. El % de tiempo en Zona II y el % de ECOS en Zona II tienen correlación directa con la marca en 10 km.

Se hallaron resultados significativos aplicando la regresión lineal $p < 0,05$.

ECOS totales y marca en 10 km: $p = 0,014$; $B = -0,004$.

% ECOS Zona III y marca en 10 km: $p = 0,008$; $B = 0,335$.

Discusión

Hoy en día en los deportes de resistencia, los entrenadores proponen una distribución de las cargas de entrenamiento de manera polarizada. Nuestro estudio mostró que nuestros corredores seguían esta misma distribución en relación al tiempo de entrenamiento. Los sujetos que pasan más % de tiempo en Zona I obtienen mejor marca, los sujetos que pasan más % de tiempo en Zona II obtienen peor rendimiento, los sujetos que pasan más tiempo en Zona III obtienen mejores resultados, lo cual es consistente con el estudio realizado por Esteve-Lanao (2007). Lo mismo sucede con la carga de entrenamiento, se distribuye de manera polarizada en nuestros atletas y además tras las pruebas de regresión lineal vemos que existe una relación lineal entre la carga de entrenamiento y el % de esta en Zona III con la marca en 10 km. Los atletas que acumulan más carga en Zona III obtienen mejores resultados en esta prueba.

Bibliografía

Cejuela-Anta, R. y Esteve-Lanao, J.: «Training load quantification in triathlon», en *J Hum Sport Exerc*, vol. 6, n.° 2, 2011, pp. 218-232.

Esteve-Lanao, J.; Foster, C.; Seiler, S. y Lucia, A.: «Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes», en *The Journal of Strength & Conditioning Research* 21(3), 2007, pp. 943-949.







SECRETARÍA
GENERAL
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PUBLICACIONES
Y PATRIMONIO CULTURAL